

2. Revisão da literatura/recursos

2.1. Tecnologia-Educação

Nas últimas décadas, a tecnologia tem avançado a um ritmo surpreendente, ocupando espaços cada vez maiores do nosso quotidiano, não se podendo hoje conceber muitas das nossas rotinas e hábitos sem o uso da tecnologia. A sociedade da informação é o resultado dessa nova tecnologia e o seu efeito faz-se sentir cada vez mais. As novas tecnologias vieram para ficar, sendo necessário aprender a lidar com elas, não apenas como utilizador, mas sobretudo como cidadão, pois constituem ferramentas estruturantes das novas formas de poder, de saber e de pensar. Assim sendo, a tecnologia não pode passar despercebida na Educação. Recentemente, educadores e investigadores começaram a despertar para uma nova postura sobre o assunto, que se caracteriza por uma visão crítica da tecnologia, numa compreensão do contexto histórico, em que as condições políticas, económicas e sociais são consideradas variáveis importantes do processo ensino/aprendizagem. A melhoria da qualidade de acesso à *Internet*, e o aumento da disponibilidade de equipamentos interactivos e multimédia cada vez mais sofisticados, vieram colocar à disposição dos alunos um manancial inesgotável de informação em "bruto". Particularmente importante é o facto que, hoje em dia, o mercado de trabalho exige profissionais cada vez mais preparados para o uso das novas tecnologias. Como tal, as escolas não podem deixar de preparar os alunos para esta revolução tecnológica, nem de apostar em inserir o aluno no mundo do mercado de trabalho. Como veremos neste trabalho, as tecnologias podem ajudar a aprender mais e melhor e em particular no ensino da Química.

2.1.1. Generalidades sobre TIC na Educação

"Num futuro muito próximo, todos os cidadãos europeus deverão dominar culturalmente as novas tecnologias da informação e da comunicação para desempenharem um papel activo numa sociedade que cada vez mais depende do conhecimento."

Comissão das Comunidades Europeias, 2000

Os avanços das tecnologias de informação e comunicação (TIC), estão a contribuir para uma mudança significativa das atitudes e das mentalidades, mas também colocam novas exigências nas competências requeridas ao cidadão comum e, de uma forma mais premente, aos professores e educadores, cabendo às escolas um papel muito importante. Entre outros, a escola deverá proporcionar actividades diversificadas e ricas, que contribuam para o desenvolvimento de cidadãos digitalmente cultos, críticos e criativos e não meros detentores de conhecimentos. Por todas estas razões, a formação do professor não se pode limitar à formação inicial e deve prosseguir ao longo da sua carreira, de forma a poder responder às necessidades de formação sentidas pelo próprio e às exigências do sistema educativo em consequência das mudanças sociais e tecnológicas. O professor deve preparar-se para o desempenho de um papel mais activo e interventivo na sala de aula, como também em todo o sistema educativo.

Munidos destes novos instrumentos, os alunos tornam-se exploradores activos do mundo que os envolve e, consequentemente, o professor já não se pode limitar a ser difusor de saber, devendo tornar-se num optimizador desse saber, permitindo que o aluno adquira conhecimentos recorrendo a tecnologias multimédia de uma forma activa e não passiva. Para tal, o professor pode desempenhar um papel muito importante fornecendo aos alunos as ferramentas que possibilitem a filtragem de informação e deste modo permitir que estes possam separar o "trigo do joio".

As novas tecnologias são um veículo de mudanças no ensino das ciências. Um dos meios mais promissores de ensinar e aprender ciência é a *Internet*, que apresenta uma vasta gama de material através da Web (Trindade, 2001).

Com o acesso generalizado à *Internet*, a informação chega em grande quantidade. No entanto, a sua qualidade pode ser duvidosa se não for submetida a uma análise e a uma reflexão ponderada, pois verifica-se cada vez mais uma tendência para a quantidade (versus qualidade) e para a rapidez (versus análise e reflexão). Esta situação só serve para reforçar a importância de práticas pedagógicas adequadas que forneçam aos alunos os elementos indispensáveis que lhe permitam compreender os actuais mecanismos da informação. Trabalhar a informação é, assim, necessário para a construção da cidadania futura dos jovens de hoje (Rosa, 2000).

É hoje consensual a importância da utilização das novas tecnologias de informação no

ensino. A utilização dos meios informáticos constitui uma das marcas das sociedades actuais. A par do papel lúdico e exploratório, as novas tecnologias podem também assumir uma função educativa e formativa proporcionando aos alunos, professores e escola novas e variadas formas de ensino/aprendizagem que apostam na utilização de metodologias participativas e activas. As novas tecnologias propiciam ambientes de aprendizagem diferenciados dos métodos actualmente mais usados como o quadro e o livro, tornando desta forma o currículo mais interessante. Possibilitam o uso de novas ferramentas e suportes educacionais que permitem aos alunos alargar a sua visão no campo da aprendizagem, recorrendo muitas vezes à reflexão e a uma ampla gama de informação disponível e de fácil acesso. As tecnologias permitem trazer para primeiro plano objectivos educacionais como a capacidade de resolver problemas novos, o desenvolvimento do espírito crítico e da criatividade e a tomada de decisões em situações complexas (Ponte, 1997).

São várias as ferramentas que podem auxiliar os alunos no processo de aprender a aprender e o computador é uma delas. O computador pode tornar-se um instrumento importante no processo de ensino/aprendizagem caso o professor saiba fazer o uso correcto deste meio de comunicação. O computador pode ser um elemento de renovação ou de reforço de práticas e de atitudes pedagógicas desfasadas das realidades actuais (Ponte, 1992). Os materiais educativos podem aproveitar as qualidades únicas do computador como meio para criar ambientes que acrescentam valores aos meios tradicionais de aprendizagem. Neste sentido convém destacar algumas qualidades que o diferenciam de outros meios de aprendizagem (Galvis, 1999):

A- O computador tem capacidade para armazenar, processar e apresentar informação multimédia de forma interactiva; assim, é exequível criar contextos para aprendizagem nos quais é possível implementar uma relação de diálogo com o nível concreto ou abstracto requerido, sob controlo do utilizador ou do programador.

B- O computador pode agir com diversos níveis de inteligência adquirida; no nível mais básico, o software apenas pode "dizer" ao aluno se a resposta dele é ou não correcta; gradualmente, porém, pode realizar outras tarefas, tais como adaptar os exercícios, dependendo das características e da performance do aluno, dar explicações ou sugestões relevantes para o processo, ou mesmo resolver exercícios propostos pelo estudante.

C- *O computador viabiliza diferentes níveis de interacção*; graças à sua capacidade para processar informação, aos avanços na inteligência artificial e às interfaces de diversos tipos, o computador pode tornar viável uma interacção de grau zero, “ENTERactividade” (o utilizador limita-se a apertar ENTER para continuar, mas o controle da acção está no programador) até o grau máximo a “INTERactividade” (na qual há interacção de diálogo entre a máquina e o utilizador em virtude da qual o aluno está no controle do que acontece, dentro dos condicionamentos do micromundo em que se desenvolve a acção).

D- *Possibilita a conexão e a articulação com outros meios e recursos para a aprendizagem*; permitindo assim a criação de ambientes de aprendizagem cooperativos com o aproveitamento das qualidades únicas de outros meios (transmissivos, experimentais, interactivos) e a criação de ambientes educativos multimédia.

O computador pode transformar a forma de ensino, mudando as relações entre a teoria e a experimentação, pode modificar a compreensão das relações de causa-efeito entre variáveis ou, ainda, permitir manipular parâmetros e desta forma testar hipóteses alternativas, permitindo em suma, ao aluno participar em actividades computacionais diferenciadas. As suas potencialidades para a educação podem ser abrangentes (Ribeiro e Greca, 2003):

- Programas para aquisição e manipulação de dados;
- Multimédia, apresentam a informação de forma estruturada e gráfica;
- Micromundos e simulações;
- Programas de construção de simulações;
- Ferramentas da web, que exploram a capacidade de intercomunicação do computador.

As potencialidades pedagógicas da utilização das TIC de uma forma planeada e sistemática podem ser resumidas da seguinte forma (Rosa, 2000):

- Desenvolvimento de competências de trabalho em autonomia (os alunos podem dispor de uma enorme variedade de ferramentas de investigação);
- Melhorar a prática de análise e de reflexão, confrontação, verificação, organização, selecção e estruturação (as informações não estão apenas numa fonte);
- Abertura ao mundo e disponibilidade para conhecer e compreender outras culturas;
- Criação de sites (promoção de estruturação de ideias, organização espacial, preocupação estética entre outros).

Os progressos verificados nos campos da informática nomeadamente no software educativo, com a evolução das técnicas e processos multimeios, estão na base de algumas tendências educativas implementadas actualmente e que se poderão consolidar num futuro próximo (Mayer, 1999; Wiske et al, 2001). A par da evolução verificada nas abordagens pedagógicas, existe um considerável interesse pelo desenvolvimento de novas estratégias de ensino/aprendizagem, cada vez mais cooperativas e interactivas, tendo sempre como intuito a promoção da procura e divulgação do conhecimento.

Não é só a escola e a família que educam, as comunicações cada vez mais ligadas aos recursos informáticos, tornam-se meios cada vez mais poderosos de “doutrinação”, dependente da maneira como foram manipuladas e do papel que os educadores, comunicadores e informáticos queiram assumir neste processo.

É urgente que a escola desempenhe o seu papel de educar os futuros cidadãos através duma reflexão crítica sobre a produção e a gestão da informação no mundo.

2.1.2. O caso particular das simulações digitais para o ensino da Química

Um dos principais objectivos dos investigadores do ensino da Química nos últimos anos tem sido procurar melhorar a compreensão conceptual dos alunos. Os esforços incluem a identificação dos erros mais comuns dos alunos bem como da inventariação das suas dificuldades em problemas nos quais seja necessário pensar a nível molecular. Esses esforços têm levado à criação de métodos de acesso e medição da compreensão conceptual, à criação e implementação de novas formas de ensinar Química, destinados a promover a melhoria da aquisição de certos conceitos (Sanger e Badger, 2001). Na secção 2.3 desenvolveremos melhor este assunto.

O que dificulta bastante a transmissão de certos conceitos químicos, é a dificuldade de proporcionar aos alunos a compreensão de fenómenos que ocorrem a nível microscópico. Apesar de se encontrarem, por vezes, estudos de fenómenos macroscópicos, a maior parte do universo dos fenómenos estudados nesta ciência ocorrem a um nível atómico não facultando aos alunos o contacto com informações sensoriais. Além desta dificuldade, os estudantes devem ainda desenvolver competências representativas, isto porque a Química é uma ciência

essencialmente simbólica, que recorre a símbolos para representar elementos e fenómenos. O aluno, além de ter que conhecer estes símbolos, deve ainda ter a capacidade de transformar determinada forma de representação numa outra equivalente e de maneira correcta. Há décadas atrás, os únicos meios disponíveis para os educadores leccionarem estes conceitos consistia em recorrer a representações pictóricas, esquemáticas ou modelos estáticos (por exemplo utilizando palitos e bolas de plasticina). Com o avanço da tecnologia, é possível proporcionar aos alunos o desenvolvimento da capacidade para explicar e explorar bem como representar fenómenos, processos e ideias abstractas, nos seus distintos níveis, recorrendo ao uso de simulações digitais. São vários os estudos que referem as vantagens e potencialidades em termos de ensino/aprendizagem destas simulações (Russel et al, 1997; Sanger et al, 2000, Sanger e Badger, 2001).

Uma simulação cria ou recria um fenómeno, um ambiente, ou uma experiência; providencia uma oportunidade para compreender; é interactiva; é fundamentada (baseada num modelo referente a uma teoria); é imprevisível (baseado em condições aleatórias, ou de extrema sensibilidade ao registo de entradas) (Schmuker, 1999).

As simulações, podem ser de grande utilidade para que os educadores consigam proporcionar condições aos alunos, a partir da modelação de determinado fenómeno, desenvolverem a compreensão conceptual dos estudos tratados, não fazendo o uso dos conceitos que envolvem os fenómenos a serem estudados de forma mecanizada.

As simulações, no caso particular para o ensino da Química, são programas que contêm um modelo de um sistema ou processo. As simulações podem ser classificadas, de uma forma ampla, em conceptuais ou operacionais. As primeiras apresentam princípios, conceitos e factos relacionados com o(s) evento(s) simulado(s), como a simulação da estrutura de uma molécula, da mudança de temperatura de determinada substância ou da alteração da pressão exercida sobre alguma amostra, como é o caso das simulações existente no Molecularium. A figura 2.1 apresenta uma destas simulações.

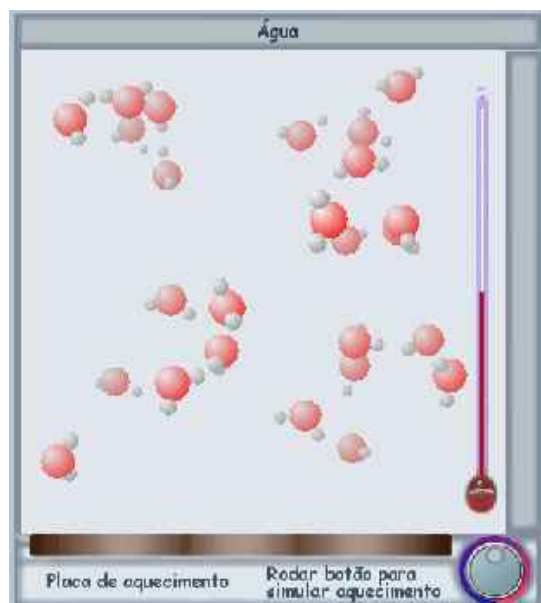


Figura 2.1 – Imagem da simulação temperatura do Molecularium
(<http://www.molecularium.net/pt/agua/index.html>)

As últimas incluem sequências de operações e procedimentos que podem ser aplicados ao(s) sistema(s) simulado(s), como por exemplo, as simulações pré-laboratoriais ou laboratoriais propriamente ditas, que permitem que o aluno exercite a execução correcta dos procedimentos num laboratório, como simular o manuseamento dos equipamentos ao realizar uma determinada experiência ou ainda preparar soluções. Veja-se, por exemplo, o laboratório virtual apresentado na figura 2.2.

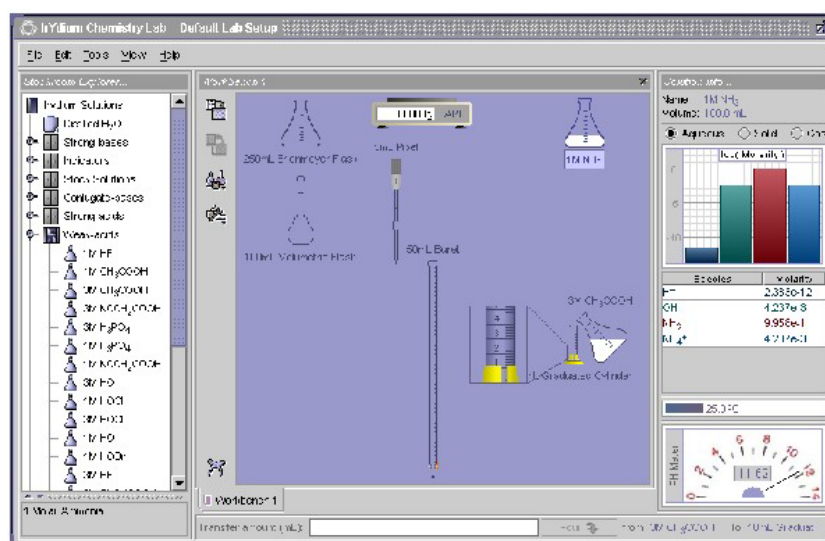


Figura 2.2 – Imagem da simulação Virtual lab
(http://ir.chem.cmu.edu/irproject/applets/virtuallab/Applet_wPI.asp)

Numa simulação, o comportamento deve representar o funcionamento do sistema real, segundo as teorias ou modelos que o descrevem, ou seja, são representações de um sistema que a teoria supõe ser real, que possibilitam interações sem as limitações ou perigos que o sistema real possa ter. Neste tipo de simulações existe um modelo subjacente pré-determinado, construído pelo professor, ao qual o aluno não tem acesso, o que significa que este não tem condições de questioná-lo, discuti-lo ou modificá-lo, apenas pode testá-lo. Através deste tipo de programa, o aluno é capaz de visualizar eventos que acontecem a nível microscópico para construir posteriormente um modelo mental do fenómeno e, a partir deste, fazer previsões e extrapolações. O uso de simulações, promove a compreensão conceptual destes diferentes fenómenos microscópicos e desta forma pode permitir a sua consequente manifestação a nível macroscópico (Ribeiro e Greca, 2003).

Usando simulações, os alunos podem estabelecer relações entre conceitos, aplicar os modelos construídos e comparar os resultados obtidos *in silicon* com os resultados obtidos em experiências laboratoriais. Este procedimento de confrontação permite ao educando aperceber-se dos seus erros, fazer uma reflexão crítica sobre o modelo criado e operar as mudanças necessárias para corrigir os erros. É possível, pois, fazer a transposição dos conceitos intuitivos para concepções mais sistematizadas, rumo a um conhecimento mais axiomático (Ribeiro e Greca, 2003).

São várias as metodologias didácticas que podem ser utilizadas recorrendo aos softwares. Estes softwares podem ser usados, na sala de aula, tanto individualmente como em grupo. Possibilita-se assim, uma aprendizagem por descoberta guiada, com ampla interactividade com o “software” na busca de solução de problemas. Desta forma, recorrendo às simulações, os alunos poderiam isolar variáveis, estudar os seus padrões e comportamentos e, a partir disto, encontrar as relações, os princípios e as leis que regem o fenómeno estudado. Pode-se recorrer ao software para promover debates permitindo, desta forma, uma prática de discussão para o desenvolvimento da percepção de modelos, dos seus tipos e papéis. Há também uma tendência para incorporar o uso de simulações dentro de um contexto mais amplo, ou seja como complemento de aulas teóricas ou integrado em diferentes versões de “projectos de pesquisa” (perguntas abertas, projectos mais ou menos dirigidos, etc), fazendo com que os alunos procurem enriquecer os seus conhecimentos fora do contexto da sala de aula.

de Jong e Joolingen (1998) observaram a partir de uma revisão ampla da literatura que, diante da constatação da inexistência das habilitações específicas necessárias aos alunos para a aprendizagem por descoberta (por exemplo, gerar hipóteses, projectar experiências para testar estas hipóteses, interpretar os dados obtidos e administrar o processo de aprendizagem), torna-se necessário a adição de recursos de suporte aos programas para conduzir os alunos na descoberta de modelos. Três destes recursos foram destacados por estes autores como eficazes:

- A apresentação contextualizada de informações e dados necessários durante o uso do programa;
- A provisão de tarefas paralelas para os alunos (jogos, questões, exercícios);
- Medidas de estruturação de um esquema de progressão dentro do processo em caso de modelos complexos.

Ou seja, um planeamento de estratégias para guiar a progressão do aluno dentro do programa (ver 2.1.3). É interessante destacar que o uso destes recursos de suporte impede, de certa forma, a possibilidade de modelização errónea feita pelo aluno, ou seja, o aluno não teria muitas oportunidades de trabalhar com os seus erros, uma questão que parece ser fundamental para a aprendizagem. De facto, este problema é comum a todas as simulações. As simulações, de forma geral, são programas que, trazendo um modelo subjacente que procura evitar a modelação errada, apresentam informações, de forma tutorial, através da interacção do aluno com o computador. Pretende-se atingir, com o uso destas ferramentas, uma melhoria no desenvolvimento conceptual e na competência representativa dos alunos.

As simulações e em particular aquelas dirigidas ao ensino da Química podem evidenciar algumas vantagens que seguidamente são enumeradas:

- Suportam e integram o uso do computador;
- Permitem uma fácil visualização e de forma dinâmica dos diferentes parâmetros experimentais envolvidos num fenómeno;
- Permitem a visualização de processos que ocorrem a nível microscópico (mudança de temperatura, variação de pressão, ligação intermolecular, etc...);
- Facilitam a compreensão destes fenómenos;
- São um meio auxiliar para ensinar e aprender ciência;
- Modernizam o processo de ensino aprendizagem;

- Possibilitam a repetição sempre que necessário e sem receio de errar;
- Permitem avançar na sua aprendizagem de forma autónoma e individualmente;
- Permitem aprender ao seu ritmo e de acordo com as suas capacidades;
- Possibilitam aprender com materiais que tentam ser interessantes, envolventes e motivadores;
- Exigem um papel activo do utilizador;
- Promovem a curiosidade, o espírito crítico, a capacidade de síntese e reflexão.

Como se pode verificar, as possibilidades de utilização de simulações no currículo de Química são bastante variadas e apresentam grandes perspectivas de uma maior exploração futura. No entanto, apesar de todas estas virtudes, é possível citar algumas desvantagens:

- A reduzida confiança neste tipo de estratégias educativas por parte de educadores, alunos e responsáveis de instituições educativas mais resistentes à inovação;
- A necessidade de alterar as práticas de trabalho tradicionais do ensino;
- O pouco conhecimento e experiência dos docentes sobre estes meios;
- A eventual falta de infra-estruturas tecnológicas nas escolas.

Feito o balanço pode-se considerar que as simulações para o ensino/aprendizagem da Química são um método pedagógico que pode ser considerado eficaz, dependendo, no entanto, dos contextos e dos protagonistas.

2.1.3. Roteiros de exploração de software educativo

“O conhecimento das características que tornam um software adequado ou não ao processo de ensino-aprendizagem, das modalidades de interacção que estabelece com o utilizador e da sua inter-relação com os objectivos educacionais em situações específicas de ensino, é de fundamental importância para o êxito da relação entre informática e educação.”

Brandão, 1997

O software educativo deverá ser acompanhado de material de apoio que oriente o aluno ao longo da “navegação”, de modo a permitir que o aluno saiba a cada momento que objectivos deverá atingir. Este material de apoio poderá ser um roteiro de exploração.

Os roteiros de exploração relacionam o software educativo e um conjunto de objectivos pedagógicos, permitindo aos utilizadores, e em particular aos alunos, a pesquisa e a reflexão no sentido de processar eventuais aprendizagens. Os roteiros consistem num conjunto de instruções de procedimento, bem como indicações de funcionamento para que os alunos possam explorar de forma comportamentalista o software educativo e, ao mesmo tempo, reflectir sobre algumas questões produzindo uma certa “liberdade construtivista”. Isto porque, a melhor aprendizagem é aquela que se realiza fazendo, através do contacto prático com os objectos do estudo, num constante processo de descoberta auto-dirigida.

Os roteiros podem ser em papel ou em formato digital e têm como principal função diminuir a possibilidade do utilizador se perder ou desorientar. É importante que sejam elaborados de forma a conseguirem o justo equilíbrio entre a “liberdade de explorar” e uma orientação minimalista. Com efeito, muitos dos recursos digitais vocacionados para o ensino não são auto-suficientes. Por vezes os alunos são colocados em contacto com o computador sem nenhuma indicação de como proceder e como chegar ao que se pretende, o que acaba por provocar muito pouco proveito pedagógico. Verifica-se que, frequentemente, os alunos têm tendência a percorrer depressa de mais o software, não aperfeiçoando os desafios associados às diversas tarefas propostas.

Uma das vantagens dos roteiros é a de poderem apresentar o conteúdo com características diferentes das apresentadas pelo professor numa aula tradicional, tornando-se desta forma um auxiliar importante no desenvolvimento da aprendizagem e um aliado poderoso do professor no ensino.

Os roteiros integram instruções de natureza operacional (relacionadas com o funcionamento do programa) com questões de natureza reflexiva, para conseguir atingir os objectivos pedagógica pretendidos quando da sua elaboração. Os Roteiros de exploração constituem percursos guiados pois explicam o funcionamento de cada simulação fornecendo pistas de utilização. Promovem uma aprendizagem por descoberta guiada; que propiciam uma atitude de observação consciente, permitindo aprofundar a capacidade de seleccionar a informação de modo pertinente. O aluno pode ser levado a procurar respostas recorrendo a livros especializados ou ainda, através de pesquisas, aceder a uma grande quantidade de informação e com uma certa rapidez utilizando tecnologias de informação e comunicação.

Desta forma é possível favorecer a integração e a reflexão, no sentido de processar as eventuais aprendizagens.

Os roteiros podem ser elaborados de forma a (Paiva e Costa, 2005):

- Encorajar a discussão;
- Ter uma complexidade crescente;
- Misturar dicas de natureza operacional com outras reflexivas;
- Dar explicações científicas para os fenómenos descritos;
- Melhorar a interactividade, colocando questões;
- Ser flexíveis, adaptando-se a vários perfis de alunos (ter várias perguntas opcionais e instruções ‘de salto’, por exemplo);
- Conter perguntas finais de natureza mais aberta;
- Poder terminar com uma actividade/proposta de preparação para apresentação de trabalhos/ideias/conclusões.

Segundo Yang et al, (2004) os alunos gostam de completar fichas de trabalho associadas a manipulação de simulações, porque permitem acompanhar e fazer uso das observações feitas durante a utilização do software.

A aprendizagem pode ser influenciada tanto pelos meios como pelos métodos, o que leva a pensar nos recursos computacionais como geradores de métodos para uma nova visão: a de que métodos e recursos juntos podem facilitar a construção do conhecimento e do senso crítico por parte dos alunos (Ribeiro e Greca, 2003). Assim, pode-se sugerir que a construção de um suporte teórico, como os **roteiros de exploração**, e o seu uso conjunto em softwares educacionais são uma forma adequada de integrar o ensino da Química, de um modo consistente e sistemático.

Os roteiros de exploração podem ser considerados um instrumento de aplicação pedagógica das TIC que transmite qualidade acrescida ao software ao qual se encontra associado. Se considerarmos que o processo de aprendizagem corresponde a uma construção e reconstrução de conhecimentos, os roteiros poderão desempenhar uma função relevante se contribuírem para o desenvolvimento cognitivo, permitindo transformar informação em conhecimento. No anexo 2 encontra-se o roteiro por nós desenvolvido no âmbito deste trabalho.

2.1.4. Avaliação de software educativo em Química

Muitos factores influenciam na escolha de instrumentos metodológicos seleccionados para alcançar os objectivos propostos em determinado conteúdo. Em função dos avanços tecnológicos e implementação de laboratórios de informática nas escolas, o uso de software aparece como um grande potencial metodológico. No ensino da Química, em particular, este novo recurso possibilita, entre outros aspectos, a verificação de propriedades, definições e fenómenos que seriam muito difíceis de observar pelos alunos em modelos estritamente teóricos, promovendo ainda um aumento na motivação dos alunos em relação aos conteúdos.

Mesmo reconhecendo os enormes benefícios que a informática tem trazido à educação, a simples presença dos computadores numa sala de aula não é suficiente para assegurar melhorias no ensino se não for garantida a qualidade do software utilizado. Nenhuma tecnologia, mesmo a mais sofisticada, pode oferecer benefícios à educação escolar se transmitir conteúdos falsos e ultrapassados, se utilizar métodos inadequados ou visar objectivos de escasso valor didáctico. Na prática, a avaliação do software, como toda a avaliação envolvendo as pessoas, é eminentemente uma actividade subjectiva. Todavia, deveriam ser tidos em consideração as características que o tornam adequado ou não ao processo ensino/aprendizagem, as modalidades de interacção que estabelece com o aluno e a sua inter-relação com os objectivos educacionais em situações específicas de ensino. A avaliação e a forma de lidar com estas questões são de fundamental importância para o êxito da relação entre informática e educação (Brandão, 1998).

Apesar do termo avaliar possuir inúmeros significados, na expressão "avaliação de software educativo", avaliar significa analisar como um software pode ter um uso educacional, como pode ajudar o aluno a construir o seu conhecimento e a modificar a sua compreensão do mundo que o rodeia. Nesta perspectiva, uma avaliação bem criteriosa pode contribuir para apontar para que tipo de proposta pedagógica o software em questão poderá ser melhor aproveitado.

Convém notar que a avaliação de software educativo é uma extensa e profunda área de investigação em educação. Nesta secção, não temos a veleidade de ser exaustivos, pretendendo apenas apresentar uma síntese das principais ideias.

Em educação, a longa fase da produção artesanal de programas didácticos, inicialmente desenvolvidos através de linguagens de programação como o Basic, Pascal,

Fortran, entre outras, deu lugar à produção em série de programas de computadores que utilizam sofisticados recursos multimédia, princípios de inteligência artificial, realidade virtual, etc., aumentando ainda mais a necessidade de se verificar o impacto desta tecnologia, de se estabelecerem critérios para a sua escolha, de se definirem características mais coerentes com a sua especificidade, etc. É necessário encontrar no software educativo características que assegurem uma maior probabilidade de sucesso no âmbito educacional, a partir da análise dos seguintes elementos: o interface, o conteúdo, o grau de interactividade, a estratégia utilizada, a motivação, o controle por parte do aluno e os meios utilizados.

Para que o uso do software educativo seja relevante, é necessário que sejam verificados alguns aspectos antes do seu uso, alguns deles são (Brandão, 1998):

- A funcionalidade dos recursos propostos;
- A definição do nível de abrangência do software em relação ao tema a ser abordado;
- Seu potencial de adaptação em relação ao contexto do aluno.

Ou seja, ter em conta questões como:

- A- O software educativo é adequado ou não ao processo de ensino/aprendizagem?
- B- Quais as características técnicas, formais e de conteúdo que deve apresentar um software educativo?
- C- O software educativo é um produto consistente capaz de prever todas as modalidades de interacção aluno-computador?
- D- É projectado de modo a garantir o sucesso de todos os objectivos educacionais a que se propõe?
- E- É Orientado para situações de ensino específicas, ou é simplesmente um produto que desperta interesse no aluno e que gera uma maior motivação na sala de aula?

Uma proposta concreta no sentido de avaliar software educativo poderia, num primeiro momento, procurar respostas às questões que frequentemente afligem os profissionais que utilizam software em actividades didáctico-pedagógicas (Brandão, 1998):

- Qual o objectivo do software educativo?
- Quais as estratégias didácticas utilizadas?
- Que tipo de argumento o software trata predominantemente?
- A que faixa etária está mais voltado?
- De que maneira explora os conteúdos?
- Quais os problemas mais frequentes apresentados?
- Quais os impactos provocados pelo software?
- Qual o grau de interactividade apresentado?
- Qual a configuração ideal para a sua execução?
- Qual a avaliação final por parte do aluno?
- Quais as contribuições do software à concessão dos objectivos didácticos propostos?

De facto, “as aplicações educativas, como qualquer material didáctico, devem ser avaliadas em múltiplas perspectivas de forma a garantir a sua qualidade e eficácia (Gomes e Silva, 1997)”. Tradicionalmente a avaliação de aplicações educativas é feita recorrendo a fichas da avaliação de software educacional onde são referidos alguns aspectos importantes que podem contribuir para uma análise criteriosa de softwares educativos e que se encontram mencionados a seguir.

I. Base Pedagógica de um Software Educativo:

Quando um software educativo é desenvolvido para ser utilizado como apoio ao processo de ensino/aprendizagem, uma das etapas no seu desenvolvimento é definir a concepção pedagógica daqueles que estão envolvidos na sua modelagem e/ou implementação.

Um dos objectivos que deve estar presente na utilização de software educativo consiste na procura de meios que oriente o aluno a aprender tendo como fundamento os princípios segundo os quais este se apropria e constrói o seu conhecimento. É também importante que reforcem a motivação dos alunos no processo de ensino/aprendizagem. Em termos pedagógicos, é fundamental analisar as teorias de aprendizagem adoptadas pelos seus implementadores. O software desenvolvido usando uma concepção comportamentalista (behaviorista) é, em princípio, muito diferente do produzido com uma concepção construtivista.

1. Behaviorismo

O Comportamentalismo ou Behaviorismo, como teoria de aprendizagem, tem a sua base nas investigações de Pavlov (1849-1936), Watson (1878-1958), Thorndike (1874-1949) e Skinner (1904-1990), entre outros, e caracteriza-se por uma instrução direccionada, baseada no objecto, cujos resultados são o reflexo de observações do comportamento (Forrester e Jantzie, 1998). A aprendizagem é concebida como um mecanismo de "estímulo - resposta". Apresenta-se um certo material a um aluno e espera-se uma dada resposta. De seguida, analisam-se as respostas dadas e fornece-se a informação referente aos resultados alcançados. Por último, espera-se que os resultados positivos estimulem o aluno a interiorizar os conceitos, e os resultados negativos o convençam a voltar a pensar. Nesta teoria o aluno é encarado de uma forma passiva, sendo frequentemente reduzido a um mero receptáculo de saberes que lhe são transmitidos independentemente dos seus estados cognitivos. Em síntese, esta teoria é uma abordagem que não promove a busca de conhecimento e informação, ignora os conhecimentos anteriores à aprendizagem, assim como os interesses e ritmos de aprendizagem do aluno.

O Software comportamentalista, apresenta em geral, “sequências instrutivas fixas, cada passo é constituído por uma unidade limitada de saber. Através de exercícios e práticas em sequências de crescente complexidade, os alunos vão acedendo aos níveis superiores do saber. Este tipo de software revela-se particularmente eficaz e eficiente no ensino/aprendizagem de operações pouco complexas, susceptíveis de mecanização, libertando desta forma a mente para tarefas mais complexas (Fontes, 1998)”.

2. Construtivismo

São vários os teóricos associados a esta corrente: Piaget (1896-1980), Dewey (1859-1952), Vygotsky (1896-1934), entre outros (Forrester e Jantzie, 1998). Segundo esta corrente, o papel do professor passa de transmissor de conhecimentos para orientador, encorajador e facilitador de aprendizagens, não é o professor que ensina, mas sim o aluno que aprende. A aprendizagem é concebida como um processo de acomodação e assimilação em que os alunos modificam as suas estruturas cognitivas internas com as suas experiências pessoais. É encarada como um processo de revisão, modificação e reorganização dos conhecimentos iniciais do aluno que leva a construção de novos conhecimentos. Nesta teoria os alunos são

encarados como participantes activos, aprendendo de uma forma que depende do seu estado cognitivo concreto. Nesta aprendizagem são tidos em conta os conhecimentos prévios, interesses, expectativas, e ritmos de aprendizagem do aluno.

O *Software Construtivista*, “possibilita a expressão e exploração individualizada, permitindo que os alunos desenvolvam aspectos específicos na aprendizagem. Os "micromundos informáticos" ou a construção de "realidades virtuais" constituem os melhores modelos para a aplicação desta teoria de aprendizagem. Nestas simulações da realidade, o aluno exercita as suas capacidades cognitivas em termos construtivos. Por outro lado, neste software educativo o aluno possui igualmente um controlo significativo sobre o funcionamento do programa e os contextos onde os problemas são inseridos. Alguns destes programas começam justamente pela construção de um produto simples, à medida que o aluno avança nestas construções, sucedem-se os problemas, e este é levado a recorrer a novos saberes, assim como é estimulado a desenvolver novas ideias e conceitos cada vez mais complexos (Fontes, 1998)”.

II. Classificação

1. Tipos de Softwares Educacionais

Os diversos tipos de softwares usados na educação podem ser classificados de acordo com os seus objectivos pedagógicos em: tutoriais, programação, aplicativos, exercícios e práticas, multimédia e Internet, simulação, e jogos (Vieira, 2001). Esta classificação porém, é uma das possibilidades de “sub-dividir” o software educativo. Mas cada vez mais, peças de software educativo são transversais e não se podem catalogar de uma forma estanque numa ou noutra categoria. Um mesmo software educativo pode ter algo de tutorial, componentes multimédia, simulações, etc.

A - Tutoriais

Caracterizam-se por transmitir informações pedagogicamente organizadas, como se fossem um livro animado, um vídeo interactivo ou um professor electrónico. A informação é apresentada ao aluno seguindo uma sequência, e este pode escolher a informação que desejar. A informação que está disponível é definida e previamente organizada, assim o computador assume o papel de uma máquina de ensinar. A interacção entre o aluno e o computador

consiste na leitura do écran ou da escuta da informação fornecida, apertando a tecla ENTER ou usando o rato para escolher a informação.

B - Exercícios e Práticas

Enfatizam a apresentação das lições ou exercícios, a acção do aluno restringe-se a virar a página de um livro electrónico ou realizar exercícios, cujo resultado pode ser avaliado pelo próprio computador. As actividades exigem apenas o fazer, o memorizar informação, não importando a compreensão do que se está a fazer.

C - Programação

Esses softwares permitem que pessoas, professores ou alunos, criem os seus próprios protótipos de programas, sem que tenham que possuir conhecimentos avançados de programação. A realização de um programa, utilizando conceitos e estratégias, exige que o aluno processe a informação, transformando-a em conhecimento.

D - Aplicativos

São programas direccionados para aplicações específicas, como processadores de texto, geradores de bases de dados, etc. Embora não tenham sido desenvolvidos para uso educacional, permitem aplicações interessantes em diferentes ramos do conhecimento.

E - Multimédia e Internet

O uso do multimédia é semelhante ao tutorial, a acção do aluno resume-se a escolher opções oferecidas pelo software apesar de oferecer várias possibilidades de combinações com textos, imagens, sons. Após a escolha, o computador apresenta a informação disponível e o aluno pode reflectir sobre a mesma. Às vezes o software pode também oferecer a oportunidade de seleccionar outras opções e navegar entre elas, o que pode manter o aluno ocupado por um certo tempo e não oferecer-lhe oportunidade de compreender e aplicar de modo significativo as informações seleccionadas.

F - Simulação

A simulação envolve a criação de modelos dinâmicos e simplificados do mundo real. Possibilitam a vivência de situações difíceis ou até perigosas de serem reproduzidas em aula, permitem a realização de experiências, a visualização de moléculas tridimensionais em constante movimento, etc.

A simulação pode ser fechada ou aberta. Fechada quando o fenómeno é previamente implementado no computador, não exigindo que o aluno desenvolva as suas hipóteses, teste-as, analise os resultados e refine os seus conceitos. Nessa perspectiva a simulação aproxima-se muito do tutorial.

A simulação pode ser aberta quando fornece algumas situações previamente definidas e encoraja o aluno a elaborar as suas hipóteses que deverão ser validadas por intermédio do processo de simulação no computador.

Para que a aprendizagem se processe é necessário que se propicie um ambiente onde o aluno se envolva com o fenómeno e o experimente, colocando hipóteses, procurando outras fontes de informações e usando o computador para validar a sua compreensão do fenómeno.

G - Jogos

Geralmente são desenvolvidos com a finalidade de desafiar e motivar o aluno, envolvendo-o numa competição com a máquina e/ou colegas. Os jogos permitem usos educacionais interessantes, principalmente se integrados a outras actividades.

2. Níveis de Aprendizagem:

Quanto ao nível de aprendizagem, os softwares podem ser classificados em (Vieira, 2001):

A - Sequencial

A sua preocupação é a transferência de informação; ou seja apresenta-se um conteúdo ao aluno que por sua vez deverá memorizá-lo e repeti-lo quando for solicitado. Esse nível de aprendizagem leva a um aluno passivo.

B - Relacional

O seu objectivo é promover a aquisição de determinadas habilidades, permitindo que o aluno faça relações com outros factos ou outras fontes de informação. A ênfase é dada ao aluno e a aprendizagem só se processa se houver interacção do aluno com a tecnologia. Esse nível de aprendizagem leva a um aluno isolado.

C - Criativo

Está associado à criação de novos esquemas mentais, possibilita a interacção entre pessoas e tecnologias compartilhando objectivos comuns. Esse nível de aprendizagem leva a um aluno participativo.

III. Aspectos pedagógicos

A série de questões apresentadas (Tuñón, 2003; Alves, 2004 e Sugura e Pérez, 2004) de seguida podem ajudar a avaliar se o software educativo é adequado no que se refere aos aspectos pedagógicos.

- A. O software é aberto, permitindo um processo activo de produção e criatividade?
- B. Facilita a concepção e contextualização dos fenómenos (químicos) tratados, contribuindo na construção do conhecimento de forma interactiva?
- C. Procura e incentiva a curiosidade, atenção e procura independente de informação?
- D. Apresenta recursos estéticos para garantir que o estudo (da Química) seja uma actividade divertida e criativa?
- E. Possibilita a retroalimentação e verificação da aprendizagem?
- F. Proporciona o feedback imediato de forma a auxiliar a compreensão do erro?
- G. São desafiadores no levantamento de hipóteses, reflexão e troca?
- H. Levam a busca de informação em diferentes fontes de pesquisa?
- I. A informação apresentada é cientificamente correcta e actual?
- J. Apresenta frases correctas e sem erros ortográficos?

IV. Aspectos Técnicos

Além da base pedagógica, um software deverá também ser analisado do ponto de vista técnico, uma vez que estes aspectos orientam para uma adequada utilização. Do ponto de vista técnico, deverão ser observados os seguintes aspectos (Vieira, 2001 e Alves, 2004):

- A. Executam em diferentes marcas, modelos e configurações de equipamentos;
- B. Operam e reconhecem diferentes tipos de arquivos (de sons, imagens, texto, ...);
- C. Interface disponíveis;
- D. Clareza de instruções;
- E. Compartilhamento em rede local e Internet;
- F. Compatibilização com outros softwares;
- G. Hardware e funcionalidade em rede (importação e exportação de objectos);
- H. Apresentação auto-executável;
- I. Recursos hipertexto e hiperlink;

- J. Disponibilidade de help-desk;
- K. Manual técnico com linguagem apropriada ao professor – aluno;
- L. Facilidade de instalação, desinstalação e manipulação, etc.;
- M. Dispositivos multimédia utilizados.

No entanto, Silva e Gomes (2002) destacam alguns problemas a este tipo de fichas de avaliação, nomeadamente:

- Os vários itens das grelhas de avaliação não são construídos perspectivando as características da população-alvo e os contextos de utilização, não permitem uma abordagem situada.
- As qualidades técnicas não são analisadas perspectivando a sua relação com os conteúdos e estilos de formação, não promovendo as desejáveis e importantes articulações entre desenho de interfaces, usabilidade, aspectos didácticos e objectivos.
- Os vários itens estão dispersos em diversas categorias, sendo difícil encontrar as suas inter-relações e ponderar eventuais pontos fortes e fracos da aplicação.

Estas autoras propõem o uso de uma abordagem hipermédia denominada Hiper_Lista para apoiar a avaliação das aplicações multimédia de Ciências da Natureza. “As tarefas disponibilizadas na “Hiper_Lista” podem sistematizar-se da seguinte forma:

Consultar os critérios de qualidade dos diferentes elementos - como a Imagem, o Som e as Imagens Animadas - e das diversas características - como as Características Técnicas e as Características Didácticas (Estratégias, Metáforas e Objectivos) - das aplicações multimédia. Os critérios de qualidade são apresentados na forma interrogativa, sendo a sua consulta apoiada por uma estrutura de hipertexto, que permite:

- Navegar entre critérios de avaliação com maior ou menor grau de especificidade.
- Navegar através de palavras-chave, que permitem consultar, em simultâneo e por associação de ideias, a aplicação de um princípio a diferentes elementos e características de uma aplicação multimédia.
- Tipificar um contexto de utilização.

- Consultar o conjunto de ideias, que pretendem sintetizar informação sobre aplicações educativas multimédia disponíveis comercialmente.
- Consultar o Glossário, que inclui definições dos elementos e características das aplicações, bem como dos princípios gerais de qualidade (Silva e Gomes, 2002).”

Avaliar um software para uso educativo exige muito mais do que conhecimentos sobre informática, exige a construção de conhecimentos sobre as teorias de aprendizagens, concepções educacionais e práticas pedagógicas, técnicas computacionais e reflexões sobre o papel do computador, do professor e do aluno nesse contexto, pois a construção do conhecimento não é um processo simples e imediato, mas produto de um caminho árduo e longo. Dessa forma, não se concebe a ideia de avaliar um software educativo levando em consideração somente a beleza gráfica, onde são criados ambientes graficamente sofisticados que desconhecem a longa trajectória do aluno para construir o seu conhecimento (Vieira, 2001).

Com o aumento da pesquisa no campo da avaliação de software educativo torna-se mais fácil, aos que tem como tarefa adoptar esse software, fazer a escolha da tecnologia educativa mais apropriada às suas necessidades (Wrench, 2001). Cabe ao professor seleccionar adequadamente as aplicações educativas a utilizar em determinado contexto e com determinada finalidade.

2.2. O estudo dos gases

2.2.1. Gases ideais e programas curriculares

A- Generalidades e linhas de força dos currículos

Os currículos relacionados com as várias disciplinas em que a Física e a Química são leccionadas estão orientados para alargar os conhecimentos dos alunos, “criando-lhes estímulos para o trabalho individual, aumentando-lhes a auto-estima e ajudando-os a prepararem-se para percursos de trabalho cada vez mais independentes. Devem, além disso, tornar os alunos conscientes do papel da Física e da Química na explicação de fenómenos do mundo que os rodeia, bem como na sua relação íntima com a Tecnologia (Programa 10º Ano de Física e Química A, 2001)”.

Ainda, de acordo com a introdução ao novo programa da disciplina de Química 12º Ano, “tem como finalidade criar condições para que os alunos que a ela acedam, no final do Ensino Secundário, possam alargar o leque de competências que a disciplina de Física e Química terá permitido desenvolver. Tomam-se como referência competências que autores contemporâneos e organizações como a OCDE consideram serem fundamentais para a promoção da literacia científica. São três as dimensões de competências a considerar: os saberes, as acções e os valores, as quais no caso da Química poderão ser as seguintes.

A *dimensão dos saberes* inclui:

- (1) Competências de conteúdo (conhecimento declarativo e conceptual do domínio da Química);
- (2) Competências epistemológicas (visão geral sobre o significado da Ciência, e da Química em particular, como forma de ver o mundo, distinta de outras interpretações).

A *dimensão das acções* inclui:

- (1) Competências de aprendizagem (capacidade para usar diferentes estratégias de aprendizagem e modos de construção de conhecimento científico);
- (2) Competências sociais (capacidade para cooperar em equipa de forma a recolher dados, executar procedimentos ou interpretar informação científica);
- (3) Competências processuais (capacidade para observar, experimentar, avaliar, interpretar

gráficos, mobilizar destrezas matemáticas; usar modelos; analisar criticamente situações particulares, gerar e testar hipóteses);

(4) Competências comunicativas (capacidade para usar e compreender linguagem científica, registar, ler e argumentar usando informação científica).

A **dimensão dos valores** diz respeito a competências éticas (conhecimento de normas e sua relatividade em contextos locais e ainda do seu carácter temporal).

Para a concretização de tais competências é fundamental ter especial atenção aos temas seleccionados e às metodologias de trabalho propostas. De facto, o ensino deve ser considerado um meio para o desenvolvimento do aluno em todas as suas potencialidades e não como um fim em si mesmo. Ora, a escolha dos temas, as questões colocadas (natureza e tipo aberto ou fechado) são determinantes para as opções didácticas em sala de aula. E estas devem ser orientadas para a autonomia do aluno na procura de informação, na sua organização, análise e sistematização.

Em todos os casos será sempre necessário que os alunos saibam o que procuram, tomem consciência se a questão é ou não plausível de ter resposta em Ciência (Química), quais as vias possíveis para alcançar uma resposta, reflectam sobre as limitações das várias alternativas, e saibam explicitar a nova compreensão alcançada (Programa de Química 12º Ano, 2004).”

B- 3º Ciclo do Ensino Básico actual

No actual 8º Ano de escolaridade é explorado o tema geral, “Sustentabilidade na Terra”. Os conteúdos a serem desenvolvidos na disciplina de Ciências Físico-Químicas, na área das Ciências Físicas e Naturais encontram-se referidos na tabela 2.1.

Tabela 2.1: Temas a desenvolver na disciplina Ciências Físico-Químicas - 8º Ano.

Unidade	Tema	Subtemas
1	Som e luz	1.1. Produção e transmissão do som 1.2. Propriedades e aplicações da luz
2	Reacções químicas	2.1. Tipos de reacções químicas

		2.2. Velocidade das reacções químicas 2.3. Explicação e representação das reacções químicas
3	Mudança global	3.1. Previsão e descrição do tempo atmosférico 3.2. Influência da actividade humana na atmosfera terrestre e no clima
4	Gestão sustentável dos recursos	4.1. Recursos naturais – utilização e consequências 4.2. Protecção e conservação da Natureza 4.3. Custos, benefícios e riscos das inovações científicas e tecnológicas

Do subtema **2.3. Explicação e representação das reacções químicas** constam as seguintes orientações curriculares (Programa de Ciências Físicas e Naturais, 2001):

“Numa primeira abordagem, pretende-se que os alunos compreendam que a matéria tem estrutura, da qual dependem as suas propriedades. Sugere-se a pesquisa de como a estrutura da matéria tem sido entendida ao longo do tempo e a procura de evidências que suportam a teoria corpuscular da matéria. Inferir o pequeníssimo tamanho dos corpúsculos constituintes da matéria e alertar para a impossibilidade dos nossos sentidos permitirem a sua observação. É oportuno referir a diferença entre átomo e molécula.

Explicar os estados físicos da matéria em termos da agregação corpuscular. A exploração de modelos, discutindo semelhanças e diferenças é uma estratégia a seguir. Programas de simulação em computador ilustrando a teoria cinético-molecular devem ser usados nesta fase. **Realizar experiências que permitam relacionar volume, pressão e temperatura de amostras de gases.**”

Há pois, logo no ensino básico uma aproximação qualitativa e necessariamente simples ao estudo dos gases. De referir também que, no segundo ciclo já é feita uma referência à teoria corpuscular da matéria e aos seus estados físicos.

Representa-se na figura 2.3, o mapa de conceitos representativo deste tema e adaptado do livro (Rodrigues e Dias, 2003), evidenciando, a azul, as temáticas relacionadas com o estudo dos gases.

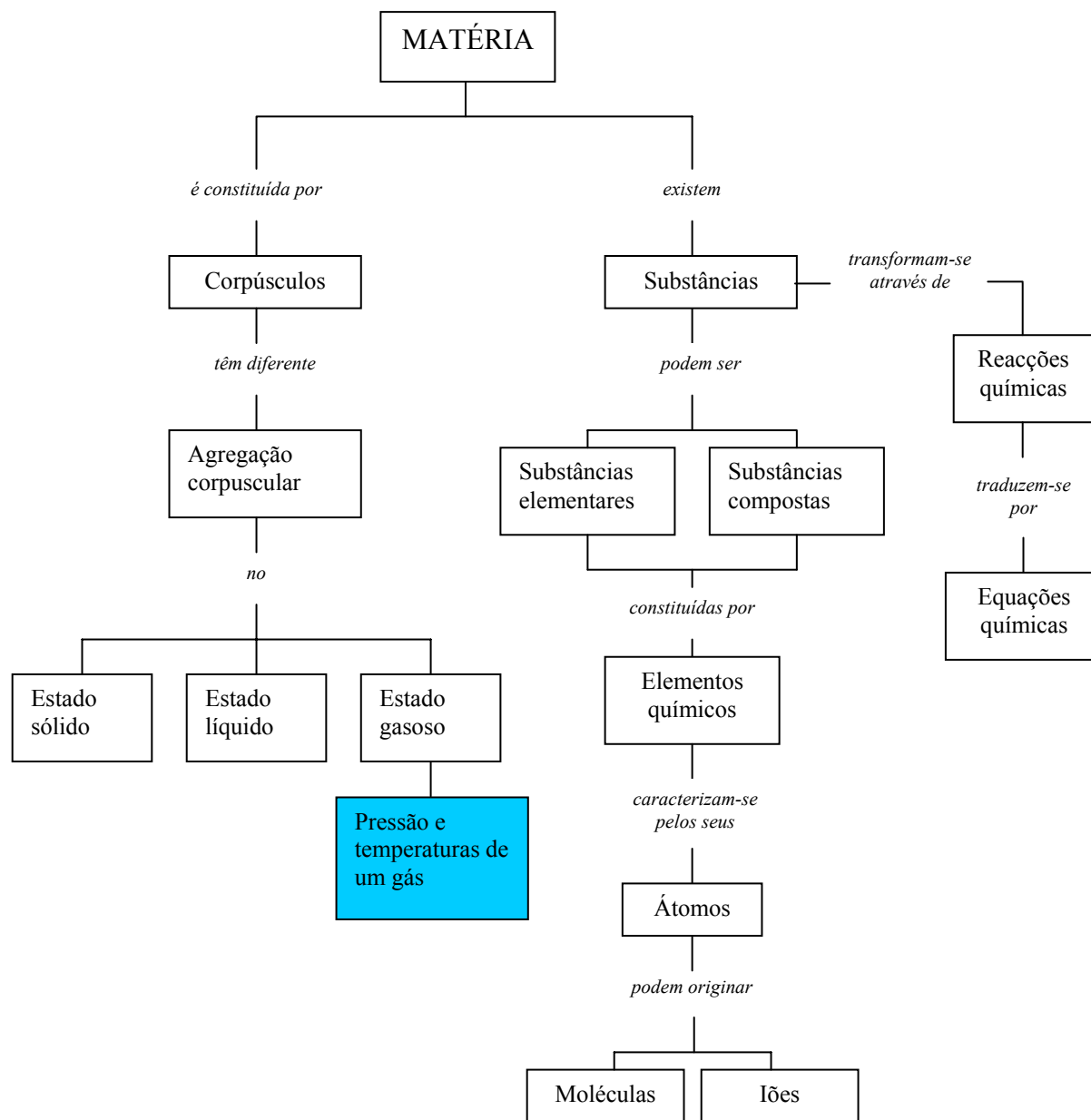


Figura 2.3 – Mapa de conceitos sobre o tema Matéria leccionado no 3º Ciclo.

C- 10º Ano

Os temas de química seleccionados para o 10º Ano a serem desenvolvidos na disciplina de Física e Química A constam da tabela 2.2 seguinte:

Tabela 2.2: Temas a desenvolver na disciplina de Física e Química A - 10º Ano.

Unidade	Tema	Subtemas
Inicial	Materiais: diversidade e constituição	0.1. Materiais 0.2. Soluções 0.3. Elementos químicos
1	Das Estrelas ao Átomo	1.1. Arquitectura do Universo 1.2. Espectros, radiações e energia 1.3. Átomos de hidrogénio e estrutura atómica 1.4. Tabela Periódica – organização dos elementos químicos
2	Na atmosfera da Terra: radiação, matéria e estrutura	2.1. Evolução da atmosfera – breve história 2.2. Atmosfera: temperatura, pressão e densidade em função da altitude 2.3. Interação radiação-matéria 2.4. O ozono na estratosfera 2.5. Moléculas na troposfera –espécies maioritárias e vestigiais

Como foi salientado no quadro anterior o conceito de pressão surge no ponto 2.2, onde, para além de outros objectivos de aprendizagem, pretende-se “**estabelecer uma relação, para uma dada pressão e temperatura, entre o volume de um gás e o número de partículas nele contido**” (Lei de Avogadro).

Apesar de não ser referido no programa, certos livros escolares introduzem, neste subtema, o conceito de gás ideal.

Apresenta-se em seguida na figura 2.4, o mapa de conceitos referente à unidade 2, onde se salienta a azul os conceitos representativos para o nosso estudo (Programa de Física e Química A 10º Ano, 2001).

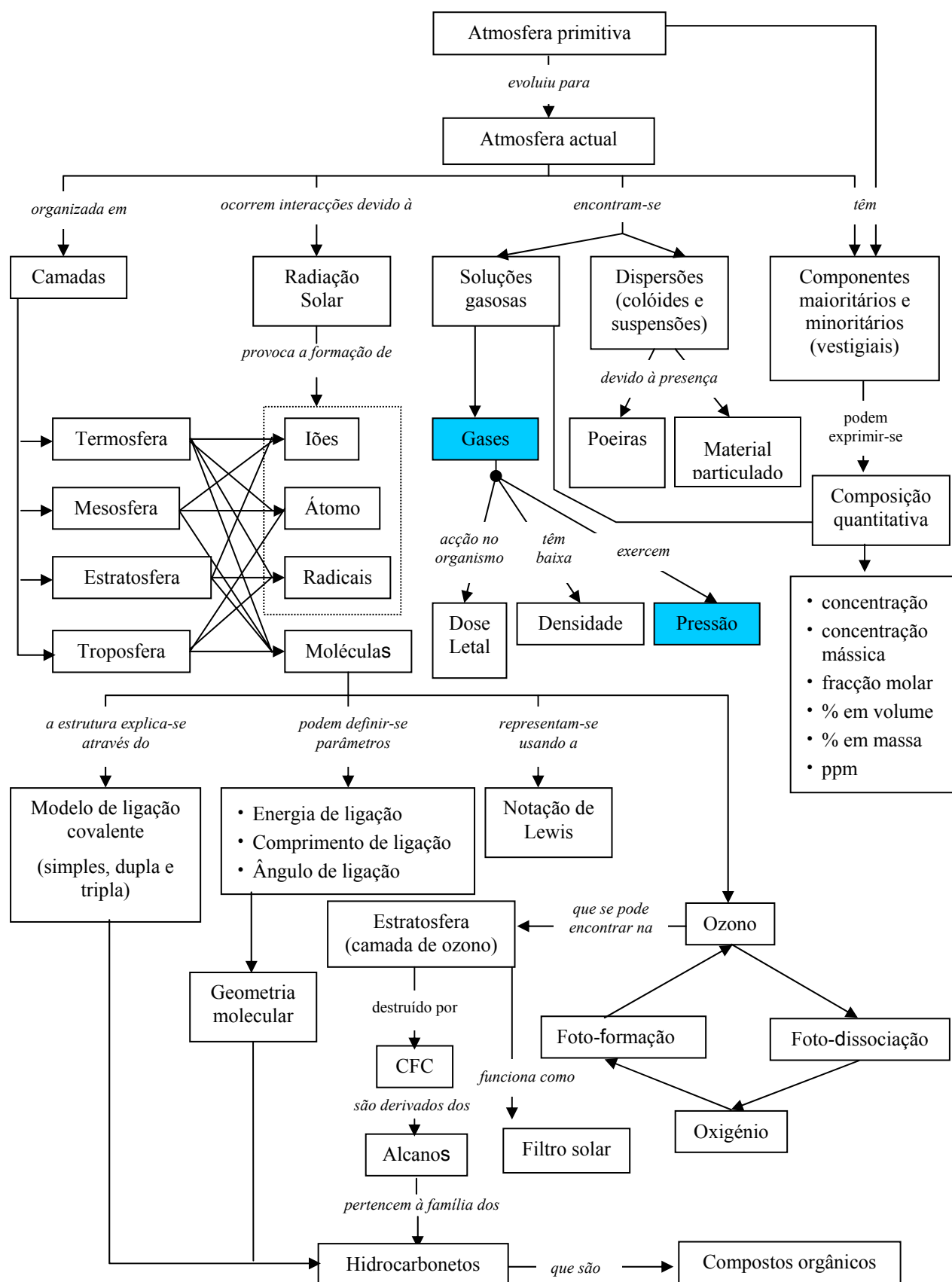


Figura 2.4 - Mapa de conceitos referente à unidade 2 do programa de Física e Química A 10º Ano.

D- 10º Ano em vigor até ano lectivo 2002/2003

Os conceitos de pressão, de gases reais e de gases ideais não constavam do antigo programa do 10º Ano. Os alunos que estão actualmente no 12º Ano e com os quais trabalhamos no nosso estudo, só obtiveram alguns conhecimentos sobre o conceito de pressão e de temperatura na disciplina de ciências físico-químicas no 8º Ano. Nesta disciplina foi-lhes referido a influência da temperatura e da pressão no estado gasoso a nível corpuscular.

E- 12º Ano actual

Na tabela 2.3 encontram-se listados os temas que constituem o programa em vigor na disciplina de Química 12º Ano.

Tabela 2.3: Temas a desenvolver na disciplina de Química - 12º Ano.

Unidade	Tema	Subtemas
1	Progredindo no estudo da estrutura de átomos e moléculas	1.1. Suporte experimental para a estrutura electrónica de átomos e moléculas 1.1.1. Métodos espectroscópicos 1.1.2. Métodos de difracção 1.2. A Mecânica Quântica e o estudo da estrutura electrónica dos átomos 1.2.1. Números quânticos e orbitais-nuvem no átomo H 1.2.2. Átomos polieletrónicos: configuração electrónica e Tabela Periódica 1.3. Orbitais moleculares 1.3.1. Orbitais moleculares ligantes e antiligantes 1.3.2. Regularidades nas fórmulas de estrutura das moléculas
2	Progredindo no estudo das ligações intermoleculares e equações dos gases	2.1. Ligações intermoleculares 2.2. Equações dos gases 2.3. Pressão de vapor
3	Progredindo no estudo dos compostos orgânicos	3.1. Relações entre estrutura e propriedades de compostos orgânicos 3.1.1. Determinação de fórmulas químicas. 3.1.2. Isomerismo 3.1.3. Cor, sabor e cheiro 3.1.4. De um composto orgânico a outro
4	Progredindo no estudo da extensão das reacções	4.1. Rendimento de uma reacção 4.2. Constante de equilíbrio para sistemas

	químicas	homogéneos e heterogéneos 4.3. Equilíbrio de solubilidade e factores que afectam a solubilidade de um sal 4.4. Equilíbrio ácido-base 4.4.1. Cálculos de pH 4.4.2. Efeito tampão 4.4.3. Titulações de ácido-base 4.5. Reacções de oxidação-redução 4.5.1. Potenciais normais
5	Progredindo no estudo da energia e da entropia em reacções químicas	5.1. Calor e trabalho em reacções químicas 5.2. 1ª Lei da Termodinâmica 5.3. Calores de reacção e lei de Hess 5.4. Entropia como critério de extensão das reacções químicas: 2ª lei da Termodinâmica
6	Química uma ciência em acção	6.1. A Química e as suas relações com a Tecnologia e a Sociedade

O tema “gases ideais” consta dos programas curriculares oficiais da disciplina de Química do 12º Ano e encontra-se enquadrada no segundo item com o título:

“2. Progredindo no estudo das ligações intermoleculares e equações dos gases ”

Este item é introduzido pelo seguinte texto:

“Se muitas propriedades das substâncias se podem relacionar directamente com a estrutura dos seus átomos ou moléculas, considerados como entidades isoladas, muitas outras dependem também da natureza e estrutura dos agregados menos ou mais compactos de moléculas ou átomos. As características destes agregados explicam-se, por sua vez, em termos da estrutura das moléculas e dos átomos individuais estudados na unidade anterior. Esta unidade será, pois, dedicada a um breve estudo das ligações em gases, líquidos e sólidos e equações dos gases. Também se considera a relação entre o ponto de ebulição e a pressão de vapor de um líquido (Programas de Química 12º Ano, 1996).”

No item 2.2. deste programa encontram-se descritos os objectivos que se pretende atingir neste tema:

“Objectivos:

- Caracterizar gases ideais.
- Reconhecer a pressão de um gás como manifestação da energia cinética molecular.

- Definir gás ideal.
- Relacionar entre si pressão, temperatura e volume de um gás: equações dos gases ideais.
- Definir pressão parcial de um gás numa mistura de gases ideais e relacioná-la com a pressão total.
- Efectuar cálculos baseados nas várias equações.”

Representa-se a seguir na figura 2.5, o mapa de conceitos onde estão salientados a azul os conteúdos relacionados com os gases.

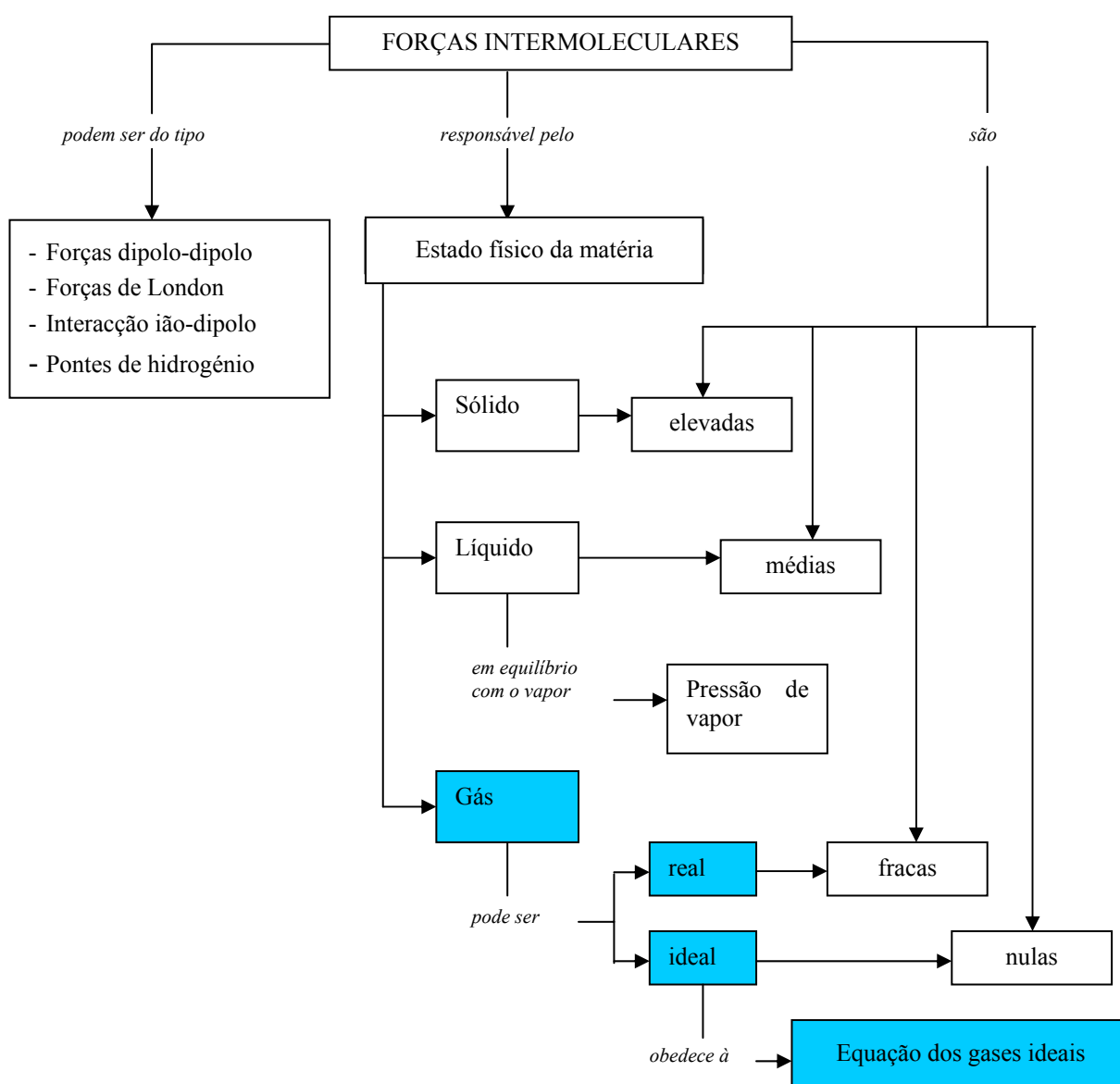


Figura 2.5 - Mapa de conceitos da unidade 2 do Programa de Química do 12º Ano (1996).

F- 12º Ano em vigor a partir de 2005/2006

No próximo ano lectivo, o programa da disciplina de Química do 12º Ano irá sofrer modificações. A tabela 2.4, apresenta os novos temas e serem leccionados nesta disciplina.

Tabela 2.4: Temas a desenvolver, no novo programa, da disciplina de Química - 12º Ano.

Unidade	Tema	Subtemas
1	Metais e Ligas Metálicas	1.1. Metais e ligas metálicas 1.1.1. A importância dos metais na sociedade actual 1.1.2. Um outro olhar sobre a Tabela Periódica dos elementos 1.1.3. Estrutura e propriedades de metais 1.2. Degradação dos metais 1.2.1. Corrosão: uma oxidação indesejada 1.2.2. Pilhas e baterias: uma oxidação útil 1.2.3. Protecção de metais 1.3. Metais, Ambiente e Vida 1.3.1. Dos minerais aos materiais metálicos 1.3.2. Metais, complexos e cor 1.3.3. Os metais no organismo humano 1.3.4. Os metais como catalisadores
2	Combustíveis, Energia e Ambiente	2.1. Combustíveis fósseis: o carvão, o crude e o gás natural 2.1.1. Do crude ao GPL e aos fuéis: destilação fraccionada e <i>cracking</i> do petróleo 2.1.2. Os combustíveis gasosos, líquidos e sólidos: compreender as diferenças 2.1.3. Impacte ambiental da Indústria Petroquímica 2.1.4. Combustíveis alternativos e algumas alternativas aos combustíveis 2.2. De onde vem a energia dos combustíveis 2.2.1. Energia, calor, entalpia e variação de entalpia 2.2.2. Equivalência massa-energia: um assunto nuclear
3	Plásticos, Vidros e Novos Materiais	3.1. Os plásticos e os estilos de vida das sociedades actuais 3.2. Os plásticos e os materiais poliméricos 3.3. Os plásticos como substitutos de vidros 3.4. Polímeros sintéticos e a indústria dos polímeros 3.5. Novos materiais: os biomateriais, os compósitos e os materiais de base sustentada

Como foi evidenciado na tabela anterior, os conceitos de pressão e gases ideais encontram-se inseridos na unidade 2, no ponto 2.1.2. Dos objectivos de ensino relativos a este tópico, salientam-se os seguintes:

- Gás das botijas e o gás de cidade como gases reais;
- Gases reais *versus* gases ideais;
- A equação dos gases ideais.

Indicam-se a seguir os objectivos de aprendizagem referentes a estes conceitos, de acordo com as orientações do Ministério da educação (Programa de Química 12º Ano, 2004).

“2.1.2. Os combustíveis gasosos, líquidos e sólidos: compreender as diferenças

- Associar a designação de “combustíveis gasosos” aos combustíveis liquefeitos sob pressão e armazenados em garrafas ou tanques e ao gás de cidade que, quando gases, têm comportamento de gases reais
- Concluir que, para interpretar o comportamento dos gases, é necessário saber como se relacionam as quatro variáveis pressão (P), volume (V), temperatura (T) e quantidade de substância (n)
- Explicitar o significado da lei dos gases ideais (equação de estado dos gases ideais)
 $PV=nRT$
- Reconhecer que, nas condições padrão de pressão e temperatura ($1,01 \times 10^5$ Pa e 298,15 K), o volume molar determinado pela equação dos gases ideais é de $24,5 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$ e nas condições normais ($1,01 \times 10^5$ Pa e 273,15 K) é de $22,4 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$
- Identificar a unidade de pressão do SI, o pascal (Pa) e outras unidades de uso corrente como o torr (Torr), a atmosfera (atm) e o bar (bar)
- Reconhecer o interesse histórico dos contributos do trabalho experimental de Robert Boyle e de Mariotte, de Jacques A. C. Charles e de Joseph Louis Gay-Lussac para a interpretação do comportamento dos gases
- Associar o conceito de gás ideal ao gás que obedece estritamente à relação $PV=nRT$ e de gás real ao gás que, não obedecendo estritamente àquela relação, se

aproxima de um gás ideal à medida que a pressão baixa ou a temperatura aumenta

- Reconhecer o interesse da equação de estado dos gases ideais para a determinação da massa molar de um gás, um contributo para a sua identificação
- Discutir que, apesar das grandes diferenças nas propriedades químicas, os gases obedecem de uma maneira geral, ao mesmo conjunto de propriedades físicas determinadas pela relação $PV = nRT$

Apresenta-se em seguida na figura 2.6, o mapa de conceitos referente à unidade 2, onde se salienta a azul os conceitos representativos do nosso estudo.

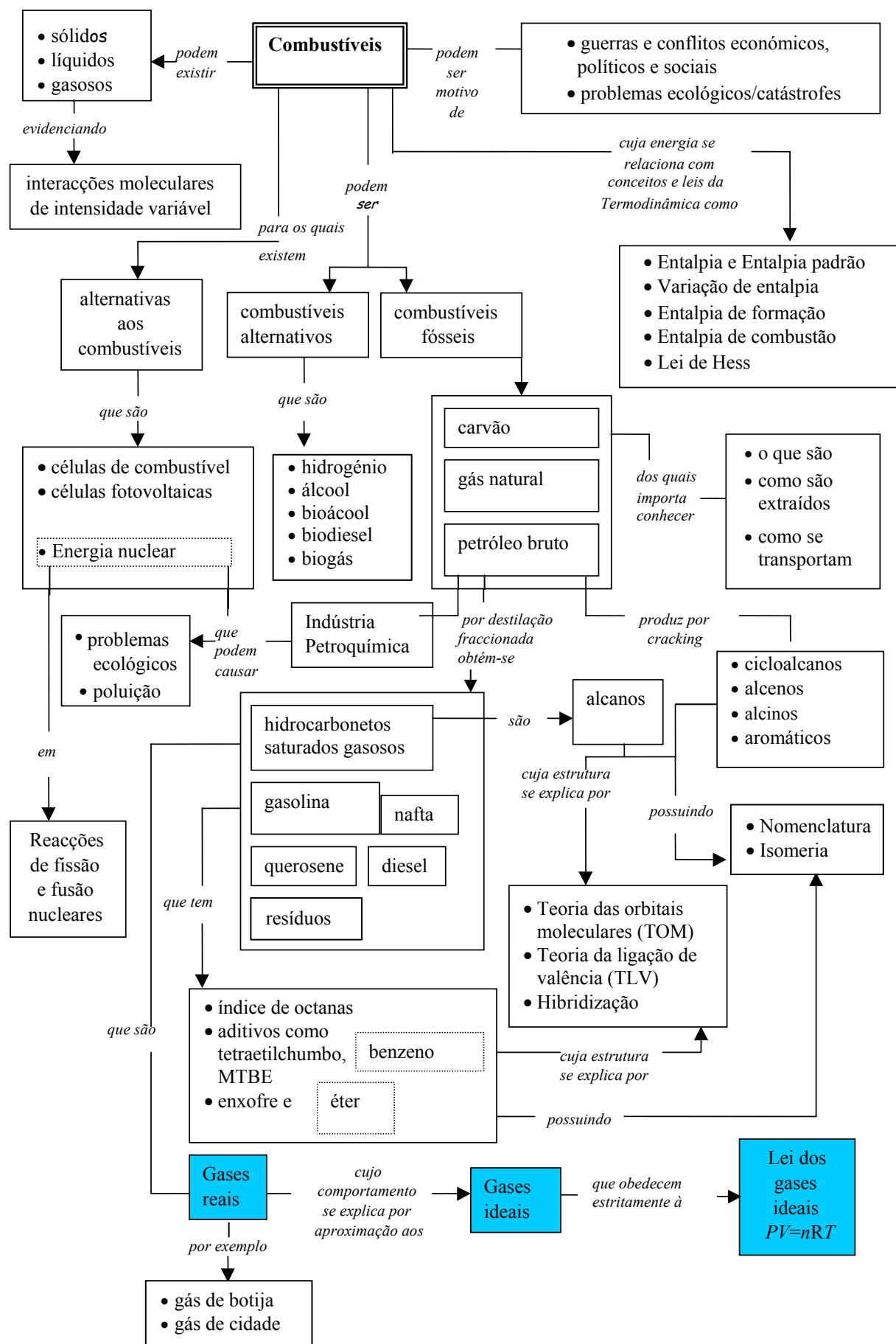


Figura 2.6 - Mapa de conceitos da unidade 2 do Programa de Química do 12º Ano (2004).

Retomaremos a problemática dos programas curriculares quando descreveremos com pormenor a descrição do roteiro de exploração para o módulo “Pressão de um gás” na secção 3.3 e no nosso estudo de campo na secção 4. Também no final deste trabalho (secção 5.2), usaremos as questões dos currículos quando tivermos propósitos para o futuro, onde se incluirão ajustes oportunos da simulação computacional sobre gases aos actuais programas de Química do ensino secundário.

2.2.2. Conceitos de volume, temperatura e pressão

O volume

O volume é a medida do espaço ocupado pelo sistema. No caso dos gases, estes devem estar contidos num recipiente fechado. O espaço tridimensional existente no recipiente corresponde ao volume. O volume pode obter-se usando uma régua e efectuando os cálculos necessários. Em unidades do Sistema Internacional é expresso em metros cúbicos, m^3 . Vulgarmente, em Química, é frequente usar-se o litro, L e o mililitro, mL.

A temperatura

A temperatura é uma propriedade macroscópica relacionada com o tacto. O sentido do tacto não permite medir a temperatura com rigor, porque é subjectivo. Os instrumentos que quantificam a temperatura sem subjectividade são os termómetros, que foram primordialmente introduzidos por Galileu Galilei (1564-1642). O funcionamento do termómetro baseia-se na Lei Zero da Termodinâmica. Esta Lei afirma que:

“Dois sistemas A e B, postos em contacto, acabam por alcançar um estado de equilíbrio térmico. Se A e B estiverem, separadamente, em equilíbrio térmico com um terceiro sistema C, estarão também em equilíbrio térmico um com o outro (Guémez e Fiolhais, 1998).”

Quando dois corpos a temperaturas diferentes são colocados em contacto, ocorre transferência de energia, sob a forma de calor, do corpo com uma temperatura mais elevada para o corpo de temperatura mais baixa, até ficarem ambos à mesma temperatura, atingido-se desta forma o equilíbrio térmico. Estes conceitos foram introduzidos em 1909 pelo matemático alemão Constantin Carathéodoty (1873-1950) e só mais tarde reconhecidos como lei.

Do ponto de vista microscópico, “a temperatura é apenas uma medida diferente da energia cinética média das moléculas (Gerthsen, Kneser, e Vogel, 1998).”

O físico inglês Lorde William Thomson Kelvin (1824-1907), definiu a noção de zero absoluto e estabeleceu a escala de temperatura que tem o seu nome, tendo sido adoptada oficialmente, como unidade de temperatura no Sistema Internacional, sendo representada com o símbolo K. No entanto, a temperatura é muitas vezes medida em graus Celsius, com o símbolo °C, escala termométrica inventada pelo físico e astrónomo sueco Anders Celsius (1701-1744), tendo escolhido o ponto de fusão do gelo (0 °C) e o ponto de ebulição da água (100 °C) para calibrar os seus termómetros.

Para converter uma temperatura T_C em °C, numa temperatura absoluta T em K, utiliza-se a seguinte relação:

$$T \text{ (K)} = T_C \text{ (°C)} + 273,15$$

Nos Estados Unidos utiliza-se como unidade de temperatura o grau Fahrenheit de símbolo °F. Esta escala teve origem em 1714, quando Gabriel Fahrenheit (1686-1736) inventou o termómetro de mercúrio. Para converter uma temperatura T_C em °C, numa temperatura T_F em °F, pode usar-se a relação:

$$T_F \text{ (°F)} = T_C \text{ (°C)} \times \frac{9}{5} + 32$$

A figura 2.7 ilustra a relação entre estas três unidades.

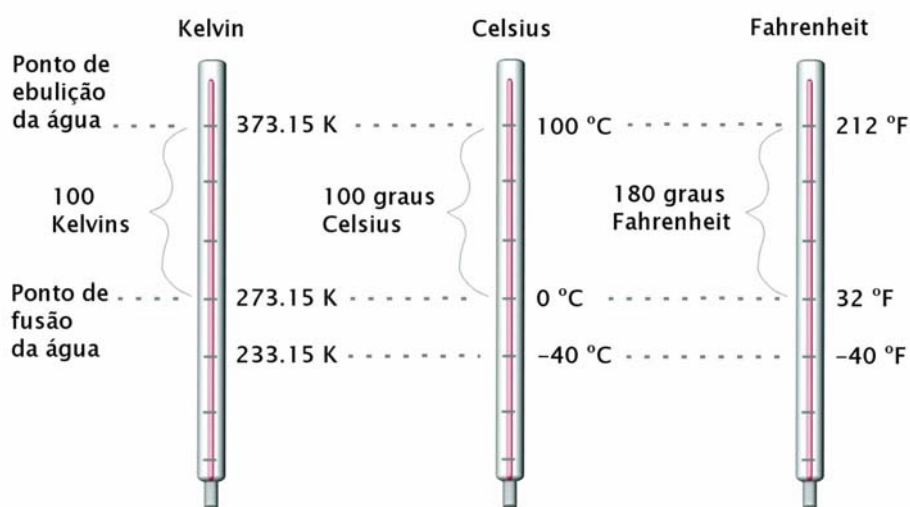


Figura 2.7 – Relação entre a escala Kelvin, Celsius e Fahrenheit (Paiva et al, 2003).

A pressão de um gás

A Teoria Cinética dos Gases permite deduzir as propriedades dos gases a partir dos fenómenos de movimento mecânico das moléculas quando estas são consideradas de forma isolada. No desenvolvimento desta teoria foi considerado que as partículas se comportam como esferas perfeitamente elásticas com massa e que não exercem quaisquer forças umas sobre as outras, enquanto não entram em contacto. Considera-se ainda que as partículas se movimentam independentemente e de forma aleatória, sem qualquer direcção preferencial no espaço, com uma certa velocidade. As partículas ocupam apenas uma pequena parte do volume do recipiente, a maioria do seu espaço está vazio. A energia cinética média das moléculas do gás varia apenas com a variação de temperatura. No choque, que obedece às leis do choque elástico, permutam energia e impulso, havendo geralmente modificação da velocidade das partículas.

A força exercida pelo gás sobre a parede de um reservatório onde esteja contido esse gás pode ser atribuída aos choques das moléculas do gás contra à parede, sendo desta forma transmitido impulso à parede. Pela lei fundamental da dinâmica, a força exercida sobre a parede é igual ao impulso transmitido por esta por meio dos choques e por unidade de tempo. A pressão é igual ao impulso transmitido à unidade de área e por unidade de tempo (Gerthsen, Kneser e Vogel, 1998):

$$\text{Pressão} = \frac{\text{impulso transmitido à parede}}{\text{área da parede} \times \text{tempo}}$$

Ou seja,

$$P = \frac{F \Delta t}{S \Delta t}$$

Esta definição de pressão de um gás é coerente com a da pressão nos sólidos, definida por:

$$P = \frac{F}{S}$$

Com efeito,

$$P = \frac{F \Delta t}{S \Delta t} = \frac{F}{S}$$

A pressão de um gás é, portanto, uma consequência macroscópica dos choques moleculares das suas partículas sobre as paredes do reservatório onde se encontram. As partículas de um gás dispõem de grande liberdade de movimentos e deslocam-se no espaço em todas as direcções, chocando entre si ou com as superfícies de todos os corpos (sólidos ou líquidos) com que o gás contacta, como se tenta representar na figura 2.8.

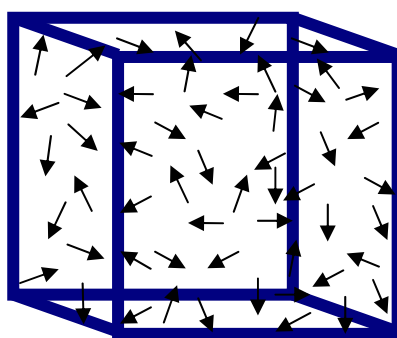


Figura 2.8 - A pressão de um gás exerce-se em todas as direcções.

Quanto maior for o número de choques das partículas do gás que ocorrem sobre uma superfície, num dado intervalo de tempo, maior é a pressão exercida pelo gás nessa superfície (Figura 2.9).

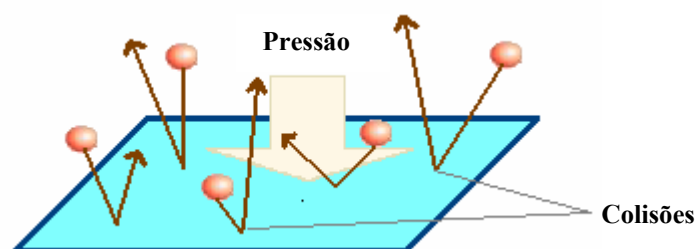


Figura 2.9 - A pressão está directamente relacionada com o número de colisões.

A pressão de um gás contido num recipiente fechado, mede-se com um manómetro, instrumento inventado em 1661 pelo físico e astrónomo holandês Christiaan Huygens (1629-1695). A unidade de pressão no Sistema Internacional é o Pascal, Pa, em homenagem ao cientista francês Blaise Pascal (1623-1662). Existem outras unidades também muito usadas, a atmosfera, atm, o milímetro de mercúrio, mm Hg e o bar. A atmosfera corresponde à pressão normal ao nível do mar e é definida como a pressão exercida por uma coluna de mercúrio com a altura exacta de 760 mm Hg, também designada por torr, em reconhecimento do estudante de Galileu, Evangelista Torricelli (1608-1647), que inventou o barómetro. A relação entre estas unidades é: $1 \text{ atm} = 760 \text{ mm Hg} = 760 \text{ torr} = 1,013 \text{ bar} = 101\,325 \text{ Pa}$.

2.2.3. Equações dos gases ideais

A pressões baixas (não superiores a 1 atm) e a temperaturas suficientemente afastadas das temperaturas de condensação, desde que as moléculas sejam suficientemente pequenas para se assemelharem a pontos materiais, muitos gases comuns (como por exemplo azoto, oxigénio, etc.) podem considerar-se com um comportamento próximo do ideal ou perfeito. Nestes gases:

- Pode considerar-se que cada partícula se move independentemente das outras, isto é, não existem interacções intermoleculares;
- Cada partícula tem à sua disposição todo o volume ocupado pelo gás (o volume da partícula é desprezível face ao volume que ocupa).

“O facto de um gás poder preencher qualquer volume, de acordo com o recipiente onde está encerrado, só poderá ser explicável considerando-se que as forças de atracção entre as suas partículas são desprezáveis e que estas podem mover-se em qualquer direcção, independentemente umas das outras. No entanto, só se pode admitir a independência das várias partículas partindo da ideia de que as únicas interacções possíveis entre elas são choques elásticos, isto é, choques nos quais há conservação de energia cinética (Pereira e Camões, 2001).”

Os estudos mais pormenorizados do comportamento dos gases ideais remontam ao século XVII e resultaram no estabelecimento de diversas leis como a Lei de Boyle-Mariotte, as Leis de Charles e Gay-lussac, a Lei de Avogadro e finalmente a Lei dos gases ideais.

Lei de Boyle-Mariotte

Os trabalhos experimentais do cientista inglês Robert Boyle (1627-1691) levaram-no a apresentar, em 1660, o enunciado da lei que relaciona linearmente a pressão e o inverso do volume de um gás, a temperatura constante. Em 1676, o físico francês Edmé Mariotte (1620-1684) chegou ao mesmo resultado, mas utilizando um dispositivo experimental diferente do de Boyle (Sá, 1997). Por isso, a referida lei é conhecida por Lei de Boyle-Mariotte:

“A pressão de uma dada massa de gás é inversamente proporcional ao seu volume, se a temperatura for constante.”

Esta lei é traduzida pela expressão:

$$P V = k_T$$

em que k_T é uma constante cujo valor depende da massa do gás e da temperatura. O que se verifica é que, se o volume diminui, as moléculas passam a ter menos espaço livre para percorrer e, portanto, os choques com as paredes do recipiente aumentam, provocando uma pressão maior e vice-versa, conforme se pretende ilustrar na figura 2.10.

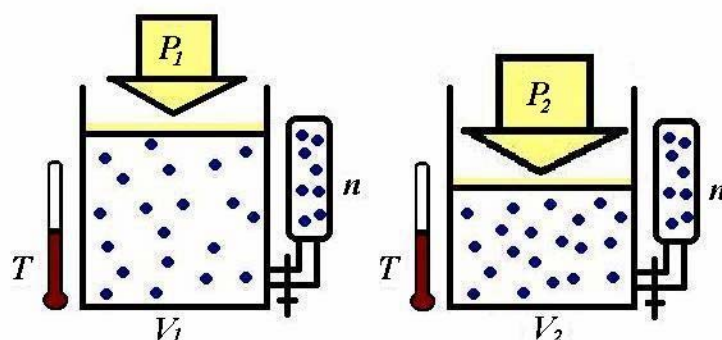


Figura 2.10 – Esquema ilustrativo da forma como variam a pressão e o volume, mantendo-se a temperatura e o número de moles constantes.

Graficamente, a lei pode ser representada pela pressão, P , em função do volume, V , obtendo-se uma hipérbole representada na figura 2.11. Se uma dada massa de gás for submetida a diferentes temperaturas, pode traçar-se, para cada uma destas, uma hipérbole, que é uma *isotérmica* ou curva de temperatura constante.

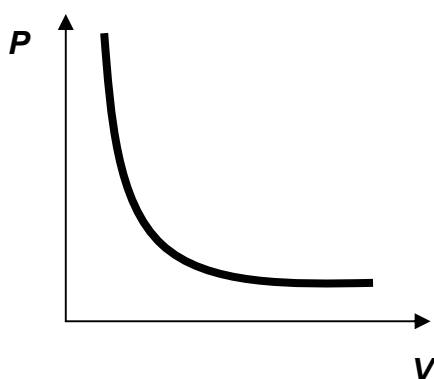


Figura 2.11 – Gráfico que traduz a Lei de Boyle-Mariotte.

Lei de Charles

A relação linear existente entre o volume ocupado por um gás e a temperatura, mantendo a pressão constante, foi estabelecida em 1787, pelo físico francês Jacques Charles (1746-1823).

Experiências realizadas sobre *transformações isobáricas* permitem concluir que *se a temperatura aumentar, o mesmo acontece com o volume e vice-versa*.

$$V = k_P T$$

Isto significa que a nível microscópico, as moléculas dentro do recipiente, com o aumento de temperatura, movem-se mais depressa (a energia cinética aumenta) e, portanto, a frequência dos choques com as paredes do recipiente também aumenta. Sendo assim, para manter a pressão será necessário um aumento de volume do recipiente (figura 2.12). O processo inverso também se verifica.

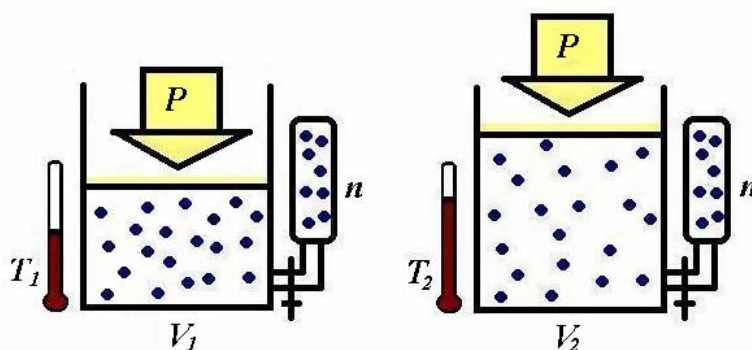


Figura 2.12 – Esquema ilustrativo da forma como variam a temperatura e o volume, mantendo-se a pressão e o número de moles constantes.

Esta lei encontra-se traduzida graficamente na figura 2.13.

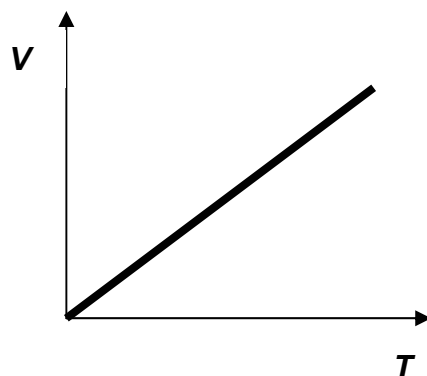


Figura 2.13 – Gráfico que traduz a Lei de Charles.

Lei de Gay-Lussac

Esta lei, descoberta por Louis Joseph Gay-Lussac (1778-1850), em 1802, relaciona a pressão e a temperatura de um gás ideal, se o volume se mantiver constante.

Experiências realizadas sobre *transformações isovolumétrica* permitem concluir que a pressão de uma dada massa de gás é directamente proporcional à variação de temperatura.

$$P = k_V T$$

Como o volume é mantido, se a temperatura aumenta o mesmo acontece com a pressão e vice-versa.

O que acontece, do ponto de vista microscópico, é que as partículas, com o aumento de temperatura, ficam mais agitadas chocando mais com as paredes do recipiente aumentando desta forma a pressão (figura 2.14).

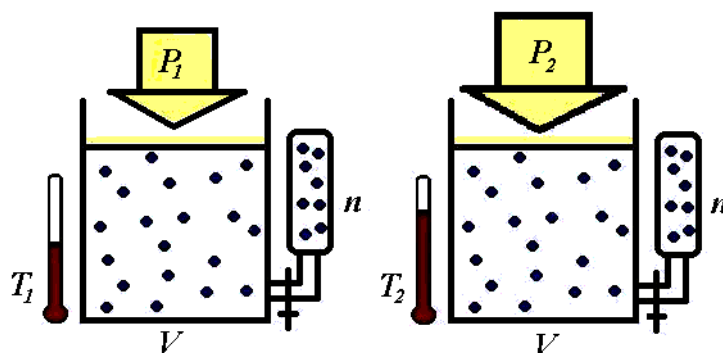


Figura 2.14 – Esquema ilustrativo da forma como variam a pressão e a temperatura, mantendo-se o volume e o número de moles constantes.

O gráfico apresentado na figura 2.15 traduz a referida Lei.

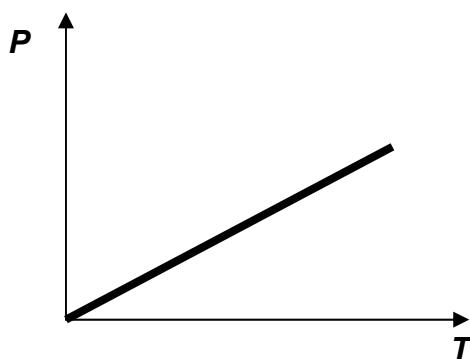


Figura 2.15 – Gráfico que traduz a Lei de Charles.

Lei de Avogadro

Foi o químico italiano Amadeo Avogadro (1776-1856) em 1811, o primeiro a por a hipótese de que volumes iguais de gases diferentes têm o mesmo número de moléculas, quando estão à mesma pressão e temperatura.

Assim, considerando quantidades variáveis de gás n , a temperatura e pressão constante, vem:

$$V = k_{TP} n$$

o que significa que *a temperatura e pressão constante, o volume de um gás é directamente proporcional à quantidade de substância.*

Microscopicamente compreende-se que, mantendo a mesma pressão, menos partículas ocupam um volume menor.

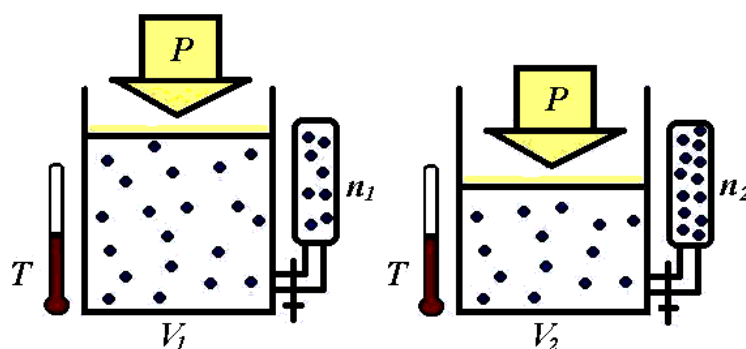


Figura 2.16 – Esquema ilustrativo da forma como variam o número de moles e o volume, mantendo-se a temperatura e a pressão constantes.

A relação entre o volume e o número de moles encontra-se representada na figura 2.17.

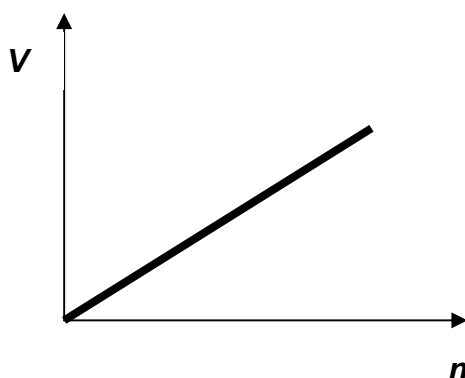


Figura 2.17 – Gráfico que traduz a Lei de Avogadro.

Equação de estado dos gases ideais

Reunindo os trabalhos experimentais de Boyle, Charles, Gay-Lussac e Avogadro, que permitiram estabelecer relações entre as variáveis de estado de um gás, o físico francês Emil Clapeyron (1799-1864), chegou em 1834 à seguinte equação:

$$PV = nRT$$

Os *gases ideais* podem definir-se de um modo simples como aqueles que obedecem à *equação dos gases perfeitos*. Para um dado número de moles (n) de um gás ideal ocupando um dado volume (V) em determinadas condições de temperatura (T) e pressão (P), verifica-se uma relação traduzida pela chamada *equação de estado dos gases ideais*.

R é uma constante física designada por "*constante universal dos gases*". O valor actualmente aceite para a constante R é $8,314\ 510\ \text{J mol}^{-1}\text{K}^{-1}$, sendo as grandezas expressas em unidades do Sistema Internacional, isto é, P em Pascal, V em metro cúbico, n em mole e T em Kelvin.

O valor de R depende das unidades em que se mede a pressão e o volume. A pressão e temperatura normais (PTN), ou seja, quando uma mole de um gás perfeito a temperatura de $273,15\ \text{K}$ ($0\ ^\circ\text{C}$) e $1,000\ \text{atm}$ ocupa o volume de $22,41\ \text{L}$, o valor de R passa a ser:

$$R = \frac{PV}{nT} = \frac{1,000\ \text{atm} \times 22,41\ \text{L}}{1\ \text{mol} \times 273,15\ \text{K}} = 0,08204\ \text{L atm mol}^{-1}$$

2.2.4. Gases reais

Um gás ideal é todo o gás cujo comportamento obedece rigorosamente as leis de Boyle-Mariotte e de Charles e Gay-Lussac, qualquer que seja o volume que ocupa, a pressão que exerce e a temperatura à qual se encontra.

Um gás ideal é um modelo teórico que torna menos complexa a análise das relações entre variáveis de estado.

No caso dos gases reais existem interacções entre as partículas. À medida que as distâncias das partículas aumentam, as interacções vão sendo menores. Por esta razão, quando

a pressão diminui ou a temperatura aumenta, o comportamento dos gases reais aproxima-se do comportamento dos gases ideais (Corrêa e Bastos, 1996).

A equação $PV = nRT$ pode ser verificada num conjunto alargado de condições, podendo os gases serem considerados como gases ideais. Todavia, quando o número de moléculas por unidade de volume é elevado, portanto, maiores pressões, ou para temperaturas mais baixas (próximas da temperatura de condensação), o volume molecular passa a não ser desprezável em relação ao volume ocupado pela amostra gasosa e as forças de coesão intermolecular passam a adquirir maior importância. As forças atractivas tendem a manter as moléculas de gás juntas (figura 2.18).

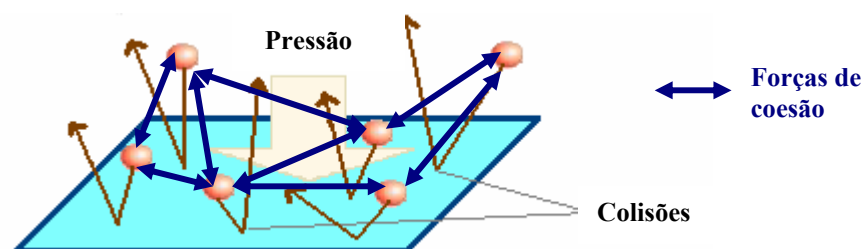


Figura 2.18 – A pressões elevadas as forças de coesão intermolecular deixam de ser desprezáveis.

A lei dos gases perfeitos pode ser generalizada de modo a incluir os efeitos das forças atractivas e do volume ocupado pelas partículas (Reger, Goode e Mercer, 1997). Assim, é necessário ter em conta que o volume à disposição de cada molécula não é o volume V do recipiente que contém o gás, é inferior (Gil, 2001). É possível introduzir um volume corrigido, isto é, $V - nb$, que equivale ao espaço vazio que pode ser comprimido e onde nb é o mínimo volume que o sistema pode ter, sendo n o número de moles e b o volume ocupado por cada mole. O valor de b é característico de cada espécie gasosa e será tanto maior quanto maior for o tamanho efectivo das moléculas; assim, por exemplo, para H_2O será maior do que para H_2 . Com esta correcção, a equação dos gases ideais dá origem a (Atkins, 1984):

$$P(V - nb) = nRT$$

A força real com que uma molécula bate na parede de um recipiente, diminui a violência do respectivo choque com a parede do vaso e, conseqüentemente, a pressão medida é menor porque a molécula ao chocar com a parede é sujeita a forças atractivas de van der Waals. Nestas condições, é necessário efectuar outra correcção resultante das forças de

atração entre as moléculas. A pressão real será inferior ao valor teórico previsto pela equação dos gases ideais ou pela equação acima, as quais supõem nulas as interações entre moléculas. O valor teórico P na equação anterior deverá então ser substituído pela pressão real acrescida duma correcção positiva. Obtendo-se a seguinte equação (Atkins, 1984):

$$(P + a n^2 / V^2) (V - nb) = nRT$$

que foi obtida, em 1873, por van der Waals (1837-1923). O parâmetro a é característico de cada gás e reflecte a intensidade das forças de atração entre as moléculas.

As constantes a e b podem ser determinadas experimentalmente a partir de dados de P , V e T . A tabela 2.5 inclui valores a e b para alguns gases.

Tabela 2.5: Constantes de van der Waals (Reger, Goode e Mercer, 1997).

Gás	a (atm dm ⁶ mol ⁻²)	b (dm ³ mol ⁻¹)
He	0,034	0,0237
Ne	0,211	0,0171
H ₂	0,244	0,0266
O ₂	1,36	0,0318
N ₂	1,39	0,0391
CO ₂	3,59	0,0427
NH ₃	4,17	0,0371
H ₂ O	5,46	0,0305

Verifica-se um valor mais elevado a para H₂O, NH₃ e CO₂ que se deve ao facto de existirem forças intermoleculares mais intensas.

A figura 2.19 mostra um gráfico que ilustra como varia a grandeza $\frac{PV}{RT}$ em função da pressão P de três gases reais (H₂, CH₄ e NH₃) e de um gás ideal, para uma mole de cada um dos gases.

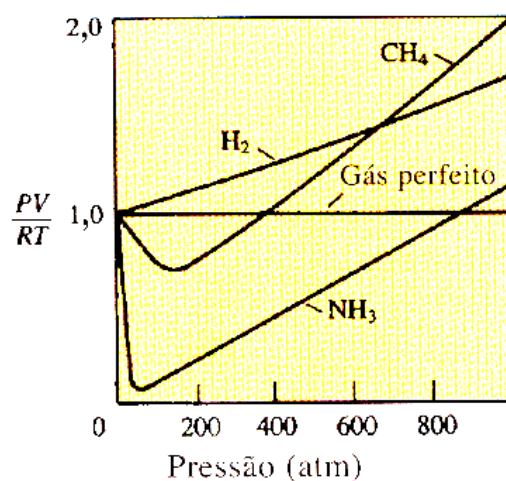


Figura 2.19 – Gráfico PV/RT versus P para uma mole de três gases reais e para um gás ideal (Reger, Goode e Mercer, 1997).

Verifica-se que, nestas condições, somente para pressões baixas, estes gases reais tomam um comportamento mais próximo do gás ideal.

2.3. Concepções alternativas

Propomo-nos, nas páginas que se seguem, apresentar uma síntese, necessariamente simples, sobre a problemática das concepções alternativas. Um aprofundamento maior fugiria do enfoque desta tese.

2.3.1. Generalidades sobre concepções alternativas

“Aprender pressupõe um processo pessoal e activo de construção de conhecimento. Esta perspectiva construtivista opõe-se à concepção do sujeito receptor passivo de saberes transmitidos e supõe que, num qualquer processo de ensino e de aprendizagem, o aluno deva ser considerado um sujeito activo, possuidor de vivências e objectivos próprios que lhe permitem interagir com o meio físico e social e que condicionam, de forma decisiva, as novas aprendizagens.”

Martins e Veiga, 1999

De acordo com o modelo cognitivo da aprendizagem, durante o processo de instrução, os alunos geram os seus conhecimentos a partir do seu passado, das suas atitudes, das suas habilidades e das suas experiências (Nakhleh, 1992). Os alunos conscientemente ou inconscientemente constroem os seus conceitos como explicações para os comportamentos, propriedades ou teorias com as quais entram em contacto. Eles acreditam que estas explicações são correctas porque fazem sentido em termos da sua compreensão do comportamento do mundo que os rodeia (Mulford e Robinson, 2002). Diz-se que o conhecimento assim construído pelos alunos, ainda que em conflito com o rigor científico, tem “coerência interna”.

No ensino das Ciências e em particular na Química, é importante ter em conta as ideias e as explicações sobre os fenómenos naturais que os alunos trazem para a escola e que, muitas vezes, não são capazes de explicitar. Estas concepções, são vulgarmente designadas por concepções alternativas (CA), sendo geralmente conceitos que não são consistentes com as definições consensuais da comunidade científica e que poderão ser mais ou menos divergentes dos conceitos cientificamente aceites. Para a compreensão da ciência é fundamental não só o domínio da linguagem científica como também uma clarificação entre as designações do quotidiano e os termos científicos (Sousa e Carvalho, 2004).

Furió (1996) enumerou, de forma simples e sintética, sete aspectos relacionados com as CA:

- Os estudantes chegam à sala de aula com um conjunto variado de CA e muitas delas possuem uma certa coerência interna;
- As CA são comuns a estudantes de diferentes meios, idade e género;
- As CA são persistentes e não se modificam facilmente com estratégias de ensino convencionais;
- As CA apresentam um certo isomorfismo com concepções vigentes em períodos da história do pensamento científico e filosófico;
- O conhecimento anterior dos alunos interage com aquilo que se ensina na aula e serão de esperar consequências imprevistas na aprendizagem;
- As CA podem surgir a partir de experiências pessoais muito variadas, que incluem a percepção, a cultura, a linguagem, os métodos de ensino dos professores, os materiais educativos,...;
- As estratégias que facilitam a mudança conceptual podem ser ferramentas eficazes na sala de aula.

Pozo (1996) propõe três vias principais para explicar a origem das CA dos alunos e o seu aparecimento: sensorial, cultural e analógica:

- A origem sensorial, explica o que se designa por “concepções espontâneas” na percepção de fenómenos, processos e observações na vida quotidiana. Um exemplo, as reacções dão-se num só passo (e não em vários) por colisões de moléculas de reagentes.
- A origem cultural, explica as chamadas “concepções sociais” resultantes da influência do meio social e cultural que envolve o aluno, sendo a sua transmissão feita através da linguagem. Um exemplo, a diminuição da espessura da camada de ozono é no sentido real um buraco!
- A origem analógica, explica as “concepções analógicas” que aparecem no desempenho de tarefas onde são estabelecidas analogias com ideias ou esquemas de conhecimentos provenientes de outras áreas. Um exemplo, na perspectiva da Física, o uso indiscriminado da palavra substância para designar vários materiais.

Osborne, (2003) apresenta oito falhas frequentes na educação científica que frequentemente impendem o desenvolvimento de uma compreensão apropriada da ciência, são elas:

A- A falácia da miscelânea da informação

Ao obrigar os alunos a memorizar um conjunto de factos “secos” que nem sempre um cientista profissional conhece, tais como a densidade de várias substâncias, o peso atómico de vários elementos.

B- A falácia fundacional

Sendo o conhecimento científico difícil, a aprendizagem e a compreensão da ciência requerem um processo em que o conhecimento e a compreensão do aluno são construídos “tijolo a tijolo” e como tal só aqueles que chegam ao fim conseguem compreender “o esplendor do edifício construído”.

C- A falácia da cobertura

É o resultado de tentar transmitir uma mistura de todas as ciências aumentando a quantidade e prejudicando a qualidade de uma boa educação científica.

D- A falácia de uma ciência autónoma

O ensino das ciências apresenta a ciência como objectiva, autónoma e isenta. Esta visão não está correcta, uma vez que as pessoas em geral não distinguem ciência e tecnologia.

E- A falácia do pensamento crítico

É a noção de que o estudo da ciência desenvolve nos alunos o pensamento reflexivo, crítico e a análise lógica, que podem depois ser aplicados a outros assuntos.

F- A falácia do método científico

É o mito de que existe um método científico singular ao passo que o conhecimento dos procedimentos da ciência é tão vasto quanto o do corpo dos seus conteúdos.

G- A falácia da utilidade

É a suposição de que o conhecimento científico tem grande utilidade para os cidadãos permitindo-lhes dominar a cultura tecnológica que os rodeia. Tal não se verifica pois a grande maioria destes cidadãos não conseguem entender como funcionam os artefactos técnicos que utilizam no seu dia a dia.

H- A falácia da homogeneidade

Deve-se ao facto dos currículos serem um conjunto de normas nacionais de aceitação voluntária e que consagram expectativas difíceis de alcançar.

Portanto uma educação científica que foque sobretudo os factos da ciência, não consegue atingir o seu objectivo.

Um dos problemas do ensino na sala de aula é que os métodos tradicionalmente usados para identificar as CA dos alunos são extremamente morosos (Tyson et al, 1999), o que não impede de ser objecto de investigação. As tecnologias e os testes “on line” podem dar uma aguda.

A existência de CA nos alunos não deve, porém, ser encarada de forma fatalista pelos professores. Deve aceitar-se como natural o carácter evolutivo do aluno, colocando a contribuição do professor no desafio desse desenvolvimento. Para além dos conceitos e das relações entre conceitos, estão também em causa aspectos epistemológicos, metodológicos e axiológicos, como sejam, respectivamente, as concepções sobre a natureza da Ciência, as concepções sobre as formas de pensar e proceder na actividade científica e o interesse, as atitudes e os valores dos alunos face à aprendizagem em Ciências (Furió, 1996).

“Assim, num currículo de Ciências, seria desejável que a selecção dos temas e das propostas programáticas resultassem do confronto entre as finalidades estabelecidas para cada nível de ensino e as evidências da investigação, nomeadamente a importância das CA dos alunos (Martins e Veiga, 1999)”.

2.3.2. Variáveis que afectam o processo de aprendizagem

Aprender é um processo complexo e os factores que influenciam o que se aprende são imensos. As variáveis que afectam o processo de aprendizagem, nomeadamente em Química e com especial relevo para assuntos relacionados com os gases, podem ser categorizados em quatro áreas:

A- Características do aprendiz.

Quanto mais envolvidos no processo de aprendizagem os alunos estiverem melhor serão os seus conhecimentos adquiridos (Evenson, 2002).

Os conceitos leccionados podem ser percebidos de forma diferente por alunos ou por professores devido às suas experiências, conhecimentos, forma de compreender, interesse, etc. (Sozbilir, 2004).

Muitos estudantes não adquirem os conceitos fundamentais no início dos seus estudos, não conseguindo desta forma compreender conceitos mais avançados (Nakhleh, 1992). Os professores chamam a este facto, muitas vezes, “falta de bases”.

B- Natureza das actividades de ensino

Se o ensino da Química ocorre ao nível macroscópico, microscópico e simbólico, pode-se verificar uma conexão insuficiente entre estes três níveis na memória dos estudantes a longo prazo (Russel et al, 1997) o que pode prejudicar a percepção de certos conceitos como a teoria cinética dos gases. Estratégias que ajudem os alunos a visualizarem átomos, moléculas e iões, são passíveis de melhorar os seus modos de entender a Química a nível molecular e consequentemente melhorar a sua forma de entender os processos químicos (Sanger et al, 2000; Fleming et al, 2000; Sanger, 2000; Sanger e Badger II, 2001). A investigação subjacente a esta tese vai neste sentido.

A química implica pensar, saber ler o significado de uma relação algébrica por mais simples que seja, como $PV = nRT$, ou ainda perante um fenómeno, estabelecer uma simples relação de proporcionalidade entre as grandezas observadas como as leis de Charles e Gay-Lussac ou de Avogadro. Sendo assim é necessário que os alunos tenham adquiridos um raciocínio lógico para compreender conceitos de Química. Nicoll e Francisco (2001); Derrick e Derrick (2002); Hahn e Polik (2004) referem que a lógica é importante.

C- Natureza das tarefas de ensino

Transmitir conhecimentos a outros parece permitir a ocorrência de mudanças significativas na retenção ou eliminação de conceitos errados por parte dos alunos (Birk e Kurtz, 1999).

Apesar de alguns alunos conseguirem resolver com sucesso problemas envolvendo equações químicas não quer dizer que consigam entender os conceitos químicos que lhe estão

subjacentes (Nakhleh e Mitchell, 1993; Smith e Metz, 1996; Derrick, 2002; Pinarbasi e Canpolat 2003), por exemplo, resolver a equação $PV = nRT$ pode não significar que os alunos entendem o seu significado Físico. “A compreensão dos problemas contribui para a sua resolução, mas a resolução de problemas não é indicador de uma boa compreensão (Mazur, 2003).”

D- Características do material usado

Os estudantes precisam de cenários mais realistas para alcançar conceitos que não são facilmente visíveis (Evenson, 2002), como é o caso da visualização do efeito da pressão, da temperatura ou do volume e sua influência nas colisões moleculares.

A linguagem utilizada é fundamental para a compreensão de qualquer conceito químico (Tyson, 1999), no entanto verifica-se que muitos alunos sentem dificuldades a este nível.

É importante que os professores possam compreender as ideias dos alunos, diagnosticar as suas dificuldades e escolher as estratégias mais adequadas à sua abordagem didáctica. No culminar deste processo, o professor deve ainda reflectir sobre suas próprias práticas (Martins e Veiga, 1999). Ensinar é apenas ajudar a aprender e como tal o papel do professor é coordenar estas quatro variáveis de forma a influenciar positivamente a aprendizagem.

2.3.3. Revisão de alguns estudos sobre as dificuldades sentidas pelos alunos sobre o tema “gases”

Lin et al (2000) referem que apesar de terem sido leccionadas as teorias sobre os conceitos de gases, uma grande maioria de estudantes do secundário do 11º ano em Taiwan acreditam que os gases não têm massa. Este estudo pretendia averiguar as dificuldades em entender certos conceitos científicos sobre as propriedades dos gases, a Lei dos gases ideais e a sua aplicação em diferentes circunstâncias. A metodologia usada por estes autores consistiu na aplicação destes conceitos científicos a situações práticas em vez da utilização de cálculos em situações teóricas. Para tal colocaram quatro questões que envolviam a compreensão

conceptual sobre as propriedades dos gases, a lei dos gases ideais, e a habilidade para utilizar estes conhecimentos em diferentes situações.

Após o estudo, concluíram que 80 % dos alunos não foram capazes de explicar estas quatro questões, continuando a usar o senso comum em vez dos conceitos científicos para descrever o movimento das moléculas a diferentes temperaturas. Referem ainda a importância de desenvolver nos alunos conhecimentos qualitativos antes de introduzir os conceitos de forma quantitativa.

Mills et al (2000) do Hunter College em Nova Iorque, investigaram o ensino de conceitos como a Lei dos gases ideais usando vários métodos pedagógicos. Numa primeira fase os alunos eram convidados à leitura de textos sobre as propriedades dos gases e ocorrências a nível microscópico. Segue-se uma fase experimental no laboratório onde são recolhidos os valores que relacionam o volume e a pressão e outra fase em que os alunos são incentivados a encontrar um protocolo que lhes permita averiguar da relação entre as duas variáveis anteriores e a temperatura. Existe ainda a fase em que estes alunos, usando um computador, relacionam estas variáveis e são levados a descobrir a função matemática que mais correctamente se ajusta às variáveis em estudo.

Neste estudo pretendia-se que os alunos soubessem:

- Como os dados experimentais são processados e reduzidos a uma equação;
- Como avaliar se os dados experimentais são aceitáveis;
- Relacionar resultados experimentais e modelos científicos.

Os resultados desta investigação mostraram que este módulo de ensino ajuda os estudantes a agir, a sentirem-se como cientistas, a adquirir experiência para interpretar e usar gráficos, a operar numa aula muita mais livre motivando desta forma os alunos.

Uma das desvantagens referida é a desta estratégia requerer mais tempo que o empregue no ensino tradicional. No entanto, estes autores acham que desta forma estes estudantes se tornam mais susceptíveis de adaptar tais conhecimentos a outros conceitos.

Niaz (2000) pediu a “caloiros” de uma universidade da Venezuela que respondessem a duas questões sobre gases que não envolvem cálculos mas apenas uma compreensão conceptual, após terem sido expostos a uma versão elementar da Teoria cinética molecular. Os resultados obtidos demonstraram que, uma grande percentagem de estudantes consideram que à medida que a temperatura de um gás diminui, este passa a ocupar menos volume, as moléculas encolhem, unem-se ou tendem a formar grupos. Estas características fazem com que os estudantes aproximem este comportamento do gás ao que se verifica na estrutura cristalina.

Sanger et al (2000) utilizaram, em estudantes do primeiro ano de um curso superior nos Estados Unidos da América, uma animação computacional para compreender o esmagamento de uma lata de sumos contendo uma pequena quantidade de água depois de aquecida até ebulição e colocada de seguida em água fria. Esta demonstração foi explicada e ilustrada em termos da Teoria cinética molecular. Pretendia-se averiguar se os estudantes entendiam a experiência quer a nível macroscópico quer a nível microscópico. Verificaram, no entanto, que estes alunos apresentaram várias concepções alternativas:

- Acreditam que as moléculas são capazes de modificar a sua forma e tamanho;
- Aplicam cegamente as Lei dos gases ideais;
- Pensam que a energia se comporta como uma forma de matéria a nível macroscópico;
- Não reconhecem a existência de vapor de água na lata.

Após a aplicação da animação, concluíram que os alunos deste estudo eram capazes de explicar o fenómeno estudado a nível molecular.

Thomas e McRobbie (2000) avaliaram, em alunos do 11º Ano, o impacto do uso de um *MBL (microcomputer based laboratory)* para aquisição e observação de dados relacionados com os conceitos da Lei dos gases ideais e da Teoria cinética molecular. Estes autores referem que os alunos trazem concepções alternativas sobre estes conceitos e que, além do mais, sentem dificuldades em relacionar diferentes representações da matéria quer a nível macroscópico, molecular ou simbólico. Verificaram que os alunos e a professora apenas

estavam preocupados em usar o *MBL* para contemplar a relação entre a pressão e a temperatura de uma certa quantidade de gás a volume constante, preocupando-se somente no que respeita ao nível macroscópico e simbólico esquecendo o que ocorria a nível microscópico.

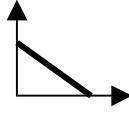
Estes estudos caracterizam uma pequena amostra da investigação efectuada neste domínio, verificando-se, no entanto, que não são muito abundantes as investigações efectuadas com o uso de simulações computacionais que recorrem a visualização das moléculas.

2.3.4. Resumo de algumas CA sobre gases

De forma a sintetizar estas CA no que se refere aos conceitos relacionados com gases e sabendo que algumas destas CA são transversais a vários assuntos em Química, apresenta-se a tabela 2.6. Esta síntese permitirá facilitar o seu confronto no decorrer deste estudo.

Tabela 2.6: Resumo das CA para assuntos ou conceitos relacionados com gases.

1	A diminuição do volume de um gás é atribuída a um aumento das forças atractivas e não a uma diminuição do movimento das suas partículas (Novick and Nussbaum, 1981).
2	Existe ar no espaço entre as partículas de gás (Santos, 1991).
3	A pressão de um gás exerce-se apenas numa direcção (Santos, 1991).
4	Os alunos tendem a explicar a acção da pressão em situação de desequilíbrio e ignorar a sua acção em situação de equilíbrio. Por exemplo, reconhecem a compressão de um gás e a força que ele exerce sobre as paredes só para além do estado normal (Santos, 1991).
5	As partículas de um gás aumentam de tamanho com a temperatura (Garnett et al, 1995; Sanger et al, 2000).
6	A energia comporta-se como uma forma de matéria a nível macroscópico (Sanger et al, 2000).

7	À medida que a temperatura de um gás diminui, este passa a ocupar menor volume, as moléculas encolhem, unem-se, ou tendem a formar grupos (Niaz, 2000).
8	As forças atractivas entre as moléculas de um gás aumentam à medida que a temperatura diminui (Niaz, 2000).
9	Os gases não têm massa (Lin e tal, 2000).
10	As moléculas mais pesadas exercem maior pressão.
11	Um gráfico de grandezas inversamente proporcionais é um gráfico do tipo: 
12	A energia cinética não está directamente relacionada com a temperatura.

2.4. Recursos digitais relacionados com gases

Uma busca na *Internet*, permitiu aceder a vários *sites* que apresentam simulações relacionadas com o tema dos gases ideais. De seguida faz-se uma breve descrição dos *sites* encontrados.

A- Simulação $PV = nRT$

A empresa de software *7stones* especializada em Flash e Director apresenta alguns exemplos do que se pode fazer com Flash. Num destes exemplos encontra-se a simulação da lei dos gases ideais. Na figura 2.20, apresenta-se uma imagem retirada do referido *site* em inglês onde se mostra o aspecto gráfico e as variáveis que podem ser manipuladas.

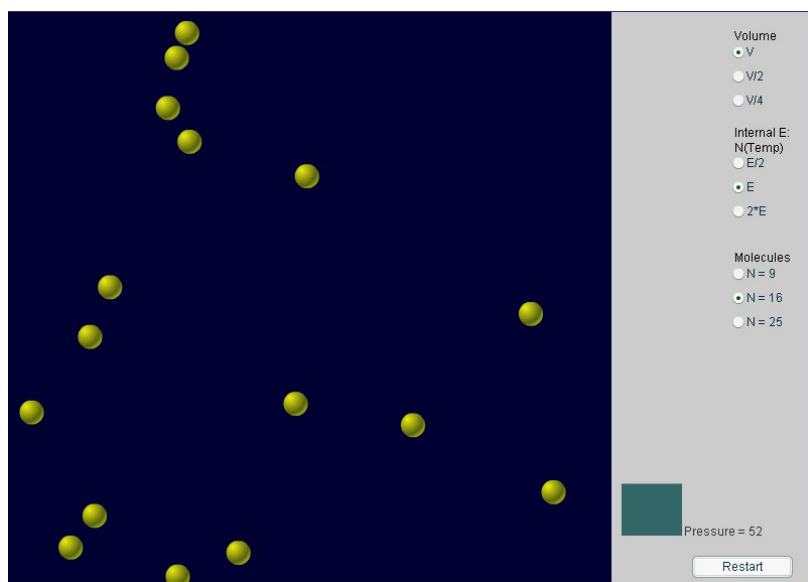


Figura 2.20 – Imagem da simulação $PV = nRT$

(<http://www.7stones.com/Homepage/Publisher/Thermo1.html>).

Na simulação pode-se seguir as variações da pressão quando, numa câmara fechada, se modifica o volume, a temperatura (energia cinética) e o número de moléculas. Surgem três hipóteses de manipulação das variáveis, conforme se pode visualizar na figura 2.20. Este *site* apresenta ainda algumas noções teóricas sobre este assunto que se podem ler a seguir a simulação. A simulação permite ver os movimentos de translação e as colisões das moléculas. Não são indicadas nenhuma sugestões de utilização, nem são apresentadas actividades.

B- Propriedade dos gases

A *Mc Graw Hill* apresenta um livro intitulado “Essencial Chemistry, 2/e” por Raymond Chang do ano 2000, onde se encontra inserido em “student resources” um item intitulado “Flash animations” onde se pode aceder a simulação apresentada na figura 2.21.

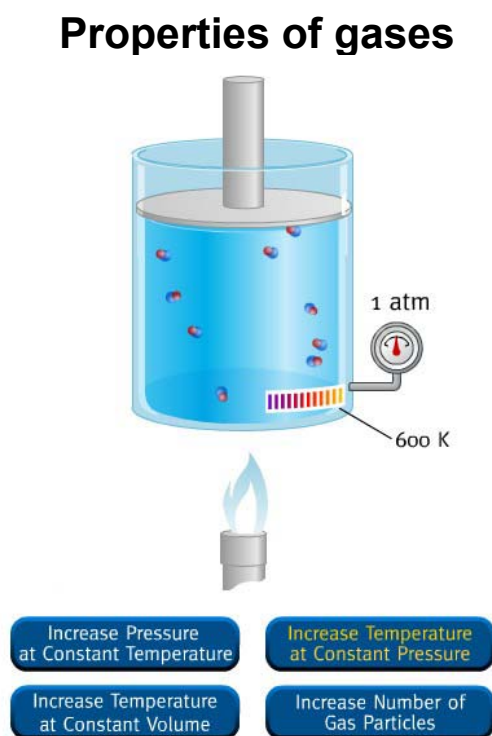


Figura 2.21 – Imagem da simulação Propriedade dos gases,
(<http://www.mhhe.com/physsci/chemistry/essentialchemistry/flash/gasesv6.swf>).

Esta simulação evidencia o movimento das moléculas e é acompanhada pela explicação oral, em inglês, dos processos que têm lugar quando se selecciona as opções existentes e que permitem verificar o que acontece quando se provoca:

- Um aumento de pressão a temperatura constante;
- Um aumento de temperatura a pressão constante;
- Um aumento de temperatura a volume constante;
- Um aumento do número de partículas.

Ao activar uma das opções, surge uma animação com o processo seleccionado e uma explicação oral dos acontecimentos e das noções teóricas associadas ao assunto em questão.

C- Modelo molecular para um gás ideal

"O Asso. Prof. Fu-Kwun Hwang do Dept. of physics, National Taiwan Normal University", desenvolveu uma série de *applets* em Java entre os quais a simulação de um modelo molecular para um gás ideal. Existe também um *site* com tradução em espanhol. A figura 2.22 e a figura 2.23, mostram a imagem da simulação do *site* inglês e do espanhol.

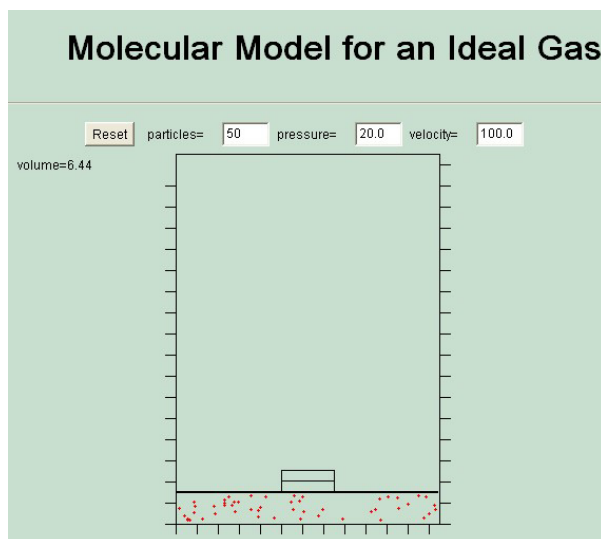


Figura 2.22 – Imagens da simulação Modelo molecular de um gás ideal do *site* inglês, (<http://www.phy.ntnu.edu.tw/java/idealGas/idealGas.html>)

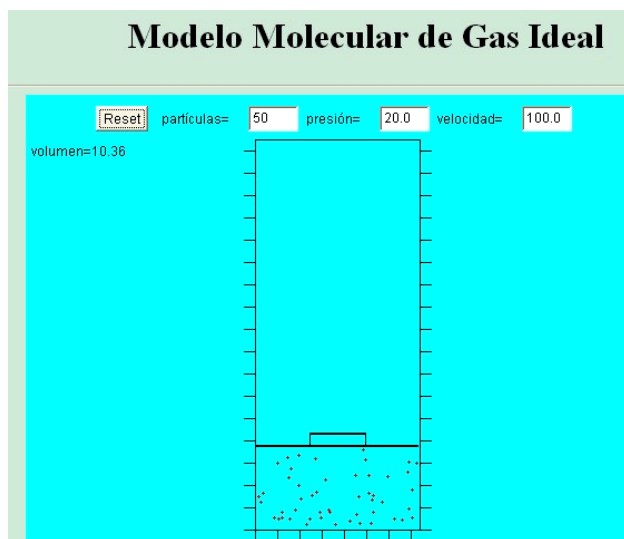


Figura 2.23 - Imagens da simulação Modelo molecular de um gás ideal do *site* espanhol, (http://www.edu.aytolacoruna.es/aula/fisica/applets/Hwang/ntnujava/term_molecular/idealGas_s.htm)

O Modelo molecular para um gás ideal desta simulação tem a possibilidades de manipulação do número de moléculas, da pressão, da velocidade molecular (por introdução numérica) e do volume (por modificação, via cursor, das paredes laterais do recipiente). Relaciona a pressão com as colisões. Evidencia o movimento das partículas durante a simulação. Refere algumas noções teóricas sobre a teoria cinética. O visitante, como actividade, é ainda convidado a relacionar:

- O número de moléculas com o volume;
- A pressão com o volume;
- A velocidade das moléculas com o volume.

São ainda referidas algumas sugestões de manipulação da simulação, tais como o modo de alterar o tamanho do recipiente.

D- Câmara de pressão

A *University of Oregon, physics department* no seu “Integrating Research and Education” disponibiliza uma simulação intitulada Câmara de pressão. A figura 2.24 apresenta uma fase desta simulação.

Pressure Chamber

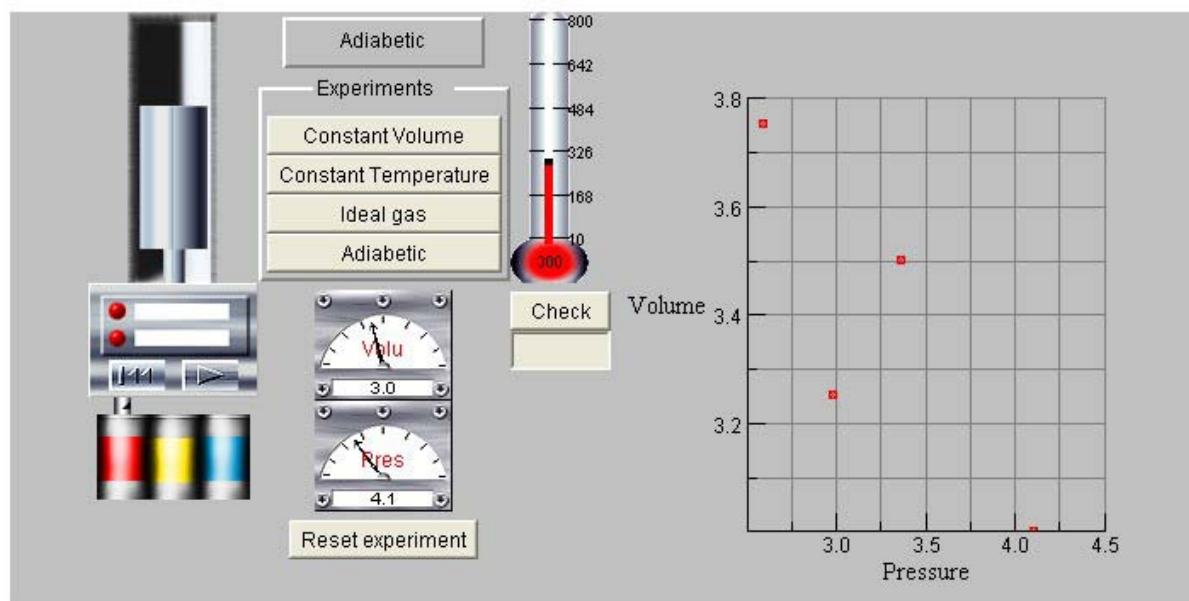


Figura 2.24 – Imagem da simulação do *site* Câmara de pressão

(<http://zebu.uoregon.edu/nsf/piston.html>)

Este *site* apresenta uma série de experiências em que se controla a acção de um pistão numa câmara que contém um gás ideal. Com a ajuda do cursor, pode-se seleccionar entre três gases com massa molecular diferentes. As simulações podem ocorrer a volume constante ou a temperatura constante. Podem ser efectuadas para um gás ideal ou para um processo adiabático. Não é possível manipular directamente nenhuma das variáveis, apenas se observam os valores obtidos que também são registados no dispositivo gráfico existente à direita. São sugeridas três actividades diferentes auxiliadas por instruções de manipulação. Não existe nenhum resumo teórico a acompanhar a simulação.

E- Processos especiais de um gás ideal

No *site* alemão de Walter Fendt, pode aceder-se a simulação da figura 2.25 traduzida para português.



Figura 2.25 – Imagem da simulação do *site* Processos especiais de um gás ideal, (http://www.walter-fendt.de/ph14br/gaslaw_br.htm).

Este *site* contém uma simulação com gases ideais que permite estudar processos isobáricos, isocóricos e isotérmicos. Ao seleccionar um dos processos referidos, surge uma animação e a visualização gráfica correspondente que evidencia a diferença entre um valor inicial e um valor final. Estes valores também podem ser consultados na zona verde. Não contém nenhuma explicação, nem sugestões de utilização, apenas refere as relações a serem verificadas entre variáveis nos processos referidos. Não se pode manipular nenhuma variável. Não permite visualizar as partículas e suas colisões.

F- Teoria cinética dos gases

No *site* espanhol intitulado “Física con ordenador, Curso Interactivo de Física en Internet” desenvolvido por Ángel Franco García pode-se ter acesso a uma simulação associada a Teoria cinética dos gases. A figura 2.26 apresenta esta simulação.

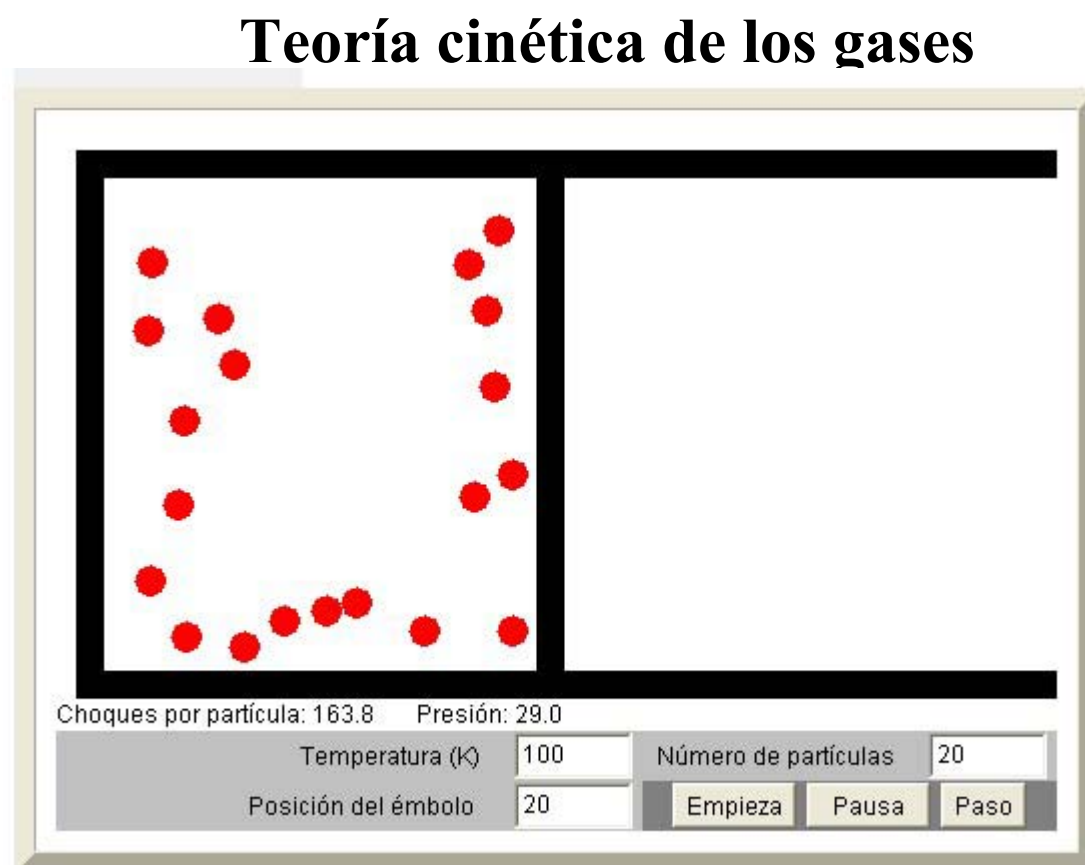


Figura 2.26 – Imagem da simulação do *site* Teoria cinética dos gases
(<http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/estadistica/gasIdeal/gasIdeal.html>).

Esta simulação permite visualizar os movimentos de translação e as colisões das partículas. Indica o número de choques e o valor da pressão quando se manipula a temperatura, o número de partículas ou a posição do êmbolo por introdução numérica no local indicado. Encontra-se, ainda, uma referência teórica sobre os assuntos, um pequeno roteiro com explicações e algumas questões a serem respondidas durante a utilização da simulação, designada por actividade.

G- Pressão de um gás

No *site* espanhol “Recursos de Enseñanza de las Ciencias”, portal docente, é possível aceder a simulação Pressão de um gás e visualizar uma das três imagens apresentadas na figura 2.27.

LA PRESIÓN

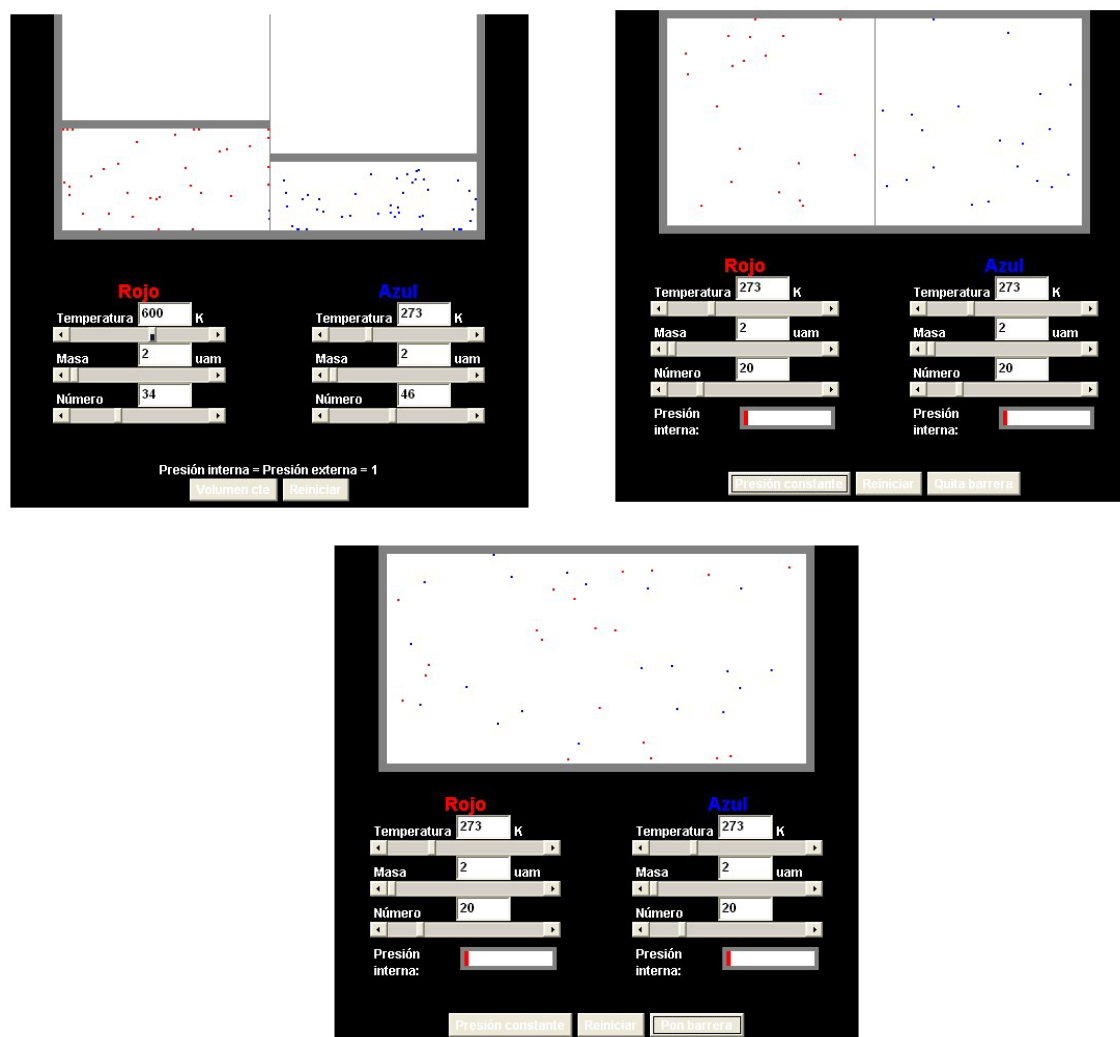


Figura 2.27 – Imagens da simulação Pressão de um gás,
(<http://mvaquero.wanadooadsl.net/applets/quimica/materia/presion.htm>).

Esta simulação permite comparar os movimentos das partículas de dois recipientes com gases ou até misturar estes dois gases. Pode-se manipular a temperatura, a massa e o número de moléculas de forma contínua por movimentação de um cursor. Possibilita que a simulação ocorra a pressão constante ou a volume constante. Apresenta um resumo teórico do assunto e algumas indicações de observação.

H- Lei dos gases

Na página do “*Ministerio de Educación y ciencia*” espanhol no “Centro nacional de información y comunicación educativa”, pode-se aceder a página Lei dos gases. A figura 2.28 ilustra algumas das simulações existentes nesta página e o respectivo índice.

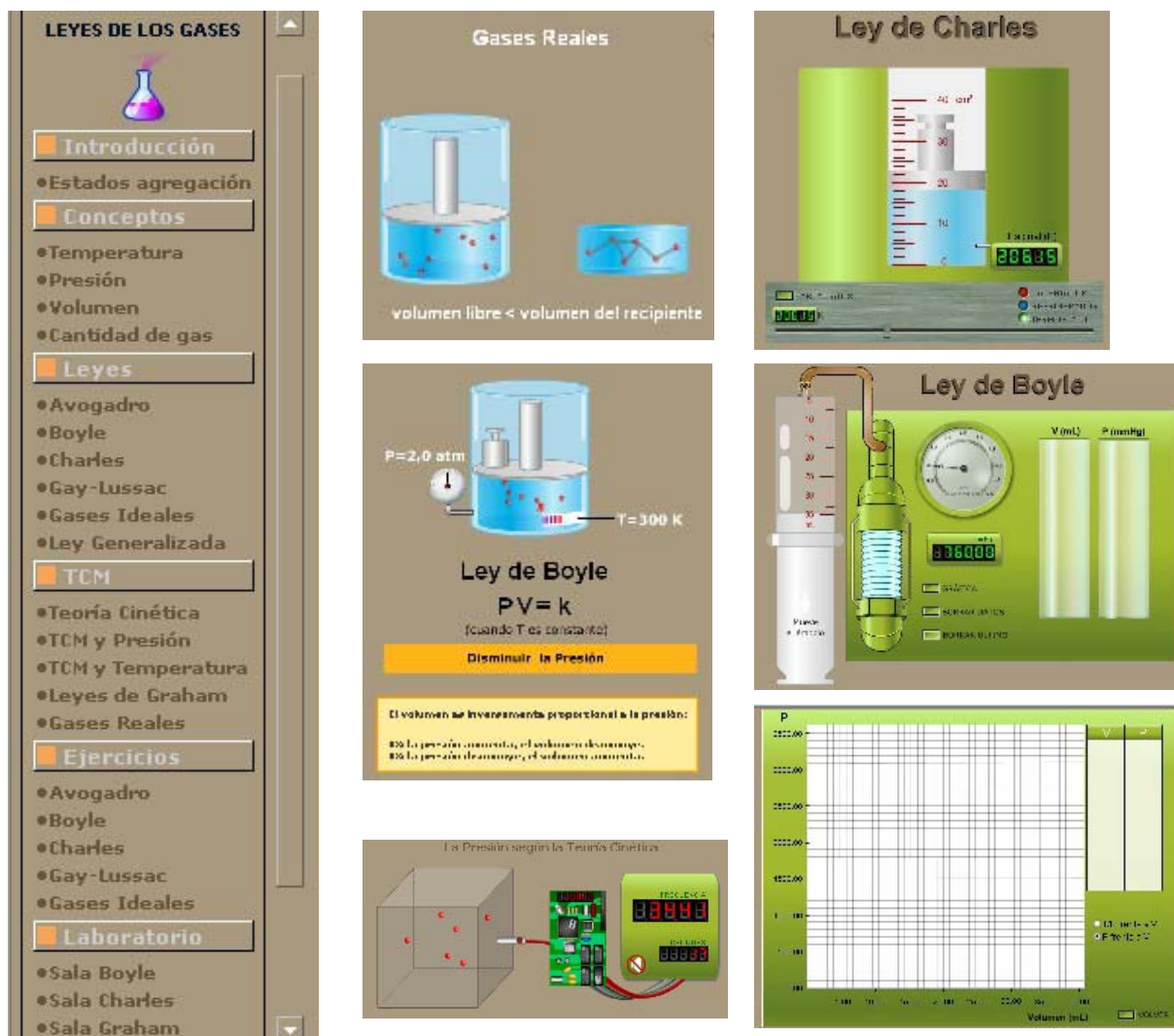


Figura 2.28 – Imagens de algumas das visualizações do *site* a Lei dos gases,
(<http://www.pntic.mec.es/eos/MaterialesEducativos/mem2003/gases/>).

Este *site* tem um vasto leque de assuntos relacionados com gases. É repleto de explicações visuais (animações) e sonoras. Permite visualizar os gráficos construídos quando da manipulação das experiências simuladas no laboratório referentes à Lei de Boyle e à Lei de Charles. Nos exercícios tem-se acesso a uma calculadora para poder efectuar os cálculos necessários à sua resolução. As explicações teóricas são muito completas.

I- Movimento de um gás perfeito num cilindro – Lei de Boyle Mariotte

No site francês “*Academie de Nice*” pode-se encontrar uma simulação da Lei de Boyle Mariotte. A figura 2.29 apresenta uma imagem desta simulação.

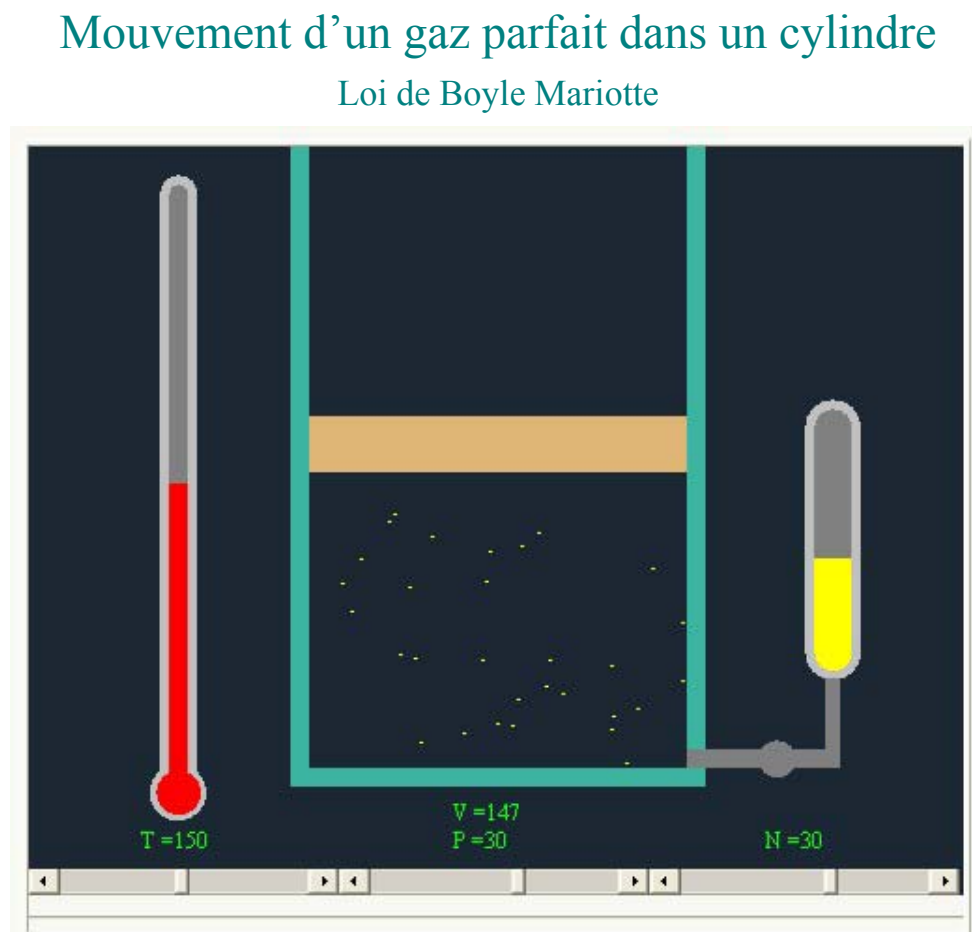


Figura 2.29 – Imagem da simulação Movimento de um gás perfeito num cilindro
(<http://www.ac-nice.fr/physique/PV=NRT/gas.htm>)

Esta simulação permite manipular a temperatura, a pressão e o número de partículas através da movimentação de um cursor e de forma contínua, verificando-se o que acontece ao volume. Possui ainda um programa que permite construir os gráficos $P = f(V)$ e $V = f(T)$, um pequeno roteiro com instruções e um conjunto de questões de escolha múltipla interactivas que permitem aceder à resposta correcta. Não apresenta nenhum conceito teórico sobre o tema.

J- Programa Lei dos gases

No site “OSU Chemistry courses” é possível ter acesso a simulação Programa Lei dos gases conforme se pode visualizar na figura 2.30.

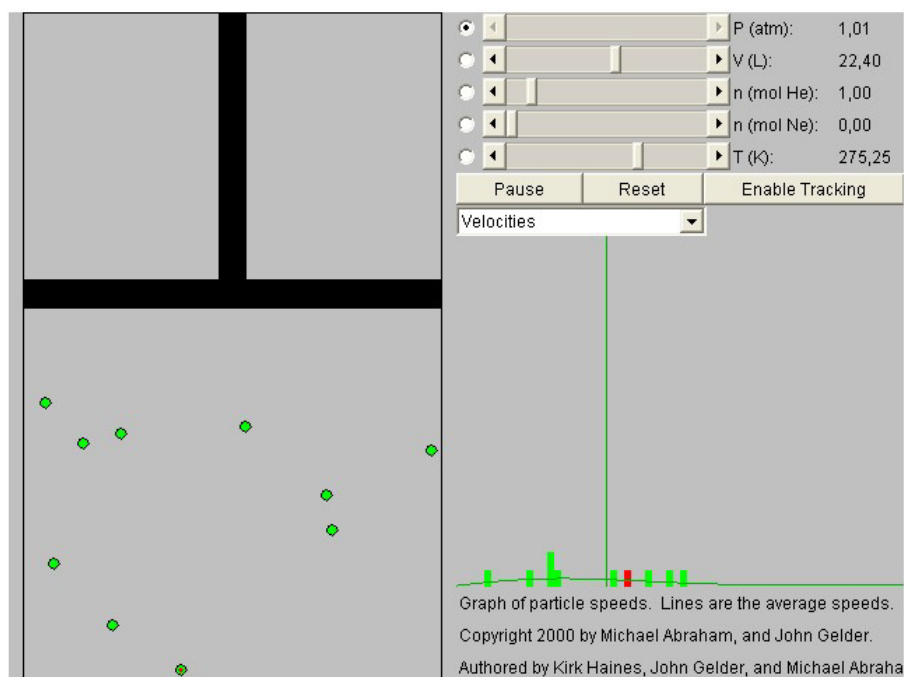


Figura 2.30 – Imagem da simulação Programa Lei dos gases,
(<http://intro.chem.okstate.edu/1314F00/Laboratory/GLP.htm>)

Esta simulação permite visualizar o que acontece num cilindro quando se manipula a pressão, o volume, a temperatura, o número de moles de Hélio e/ou o número de moles de Néon. Possui ainda um gráfico que mostra continuamente a velocidade das partículas. Nesta simulação é possível aceder a um roteiro em pdf com informações de manipulação e ainda uma ficha de trabalho onde são propostas várias actividades entre as quais a elaboração de gráficos e a relação entre variáveis.

K- Gases ideais

A CoLoS (*Conceptual Learning of Science*) da Universidade de Múrcia propõe algumas aplicações em física para Windows 95, a simulação representada na figura 2.31 é uma delas.

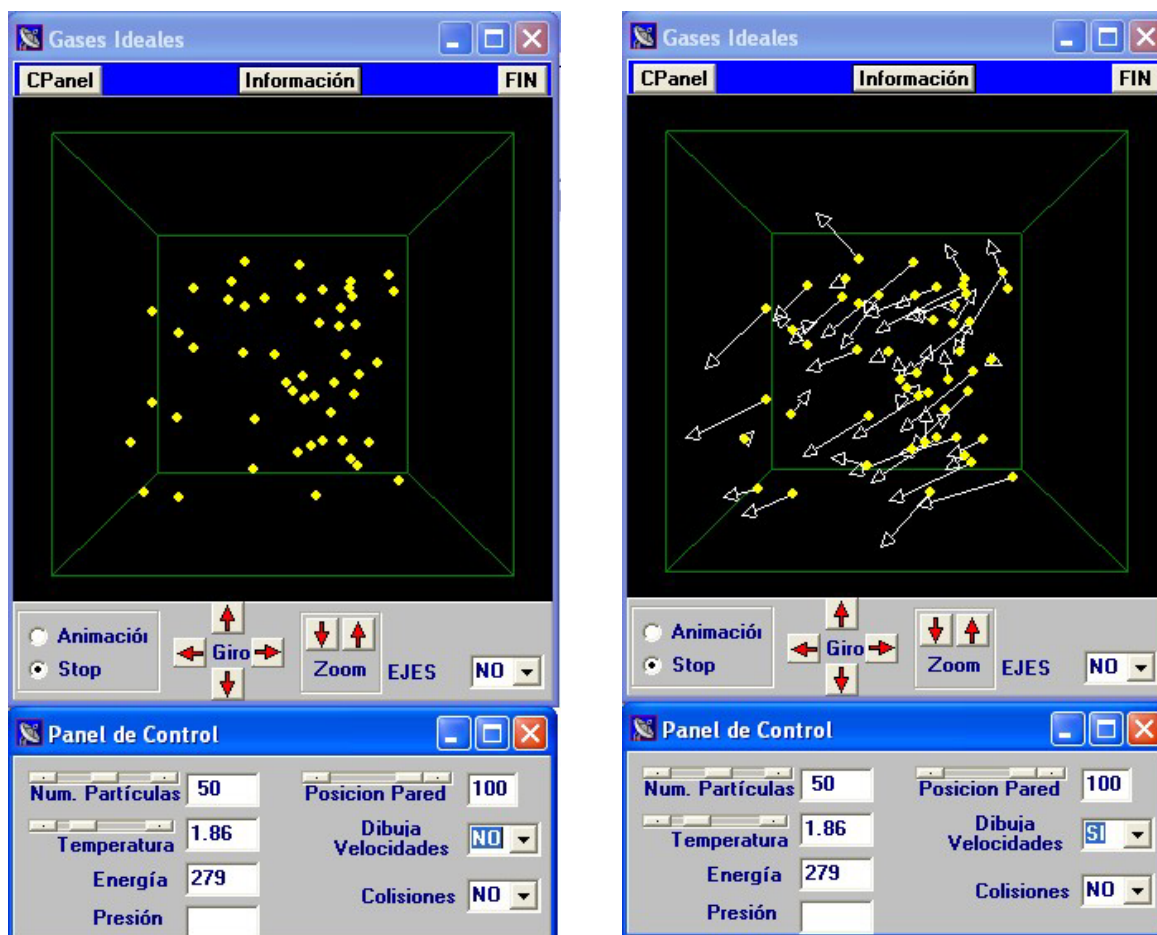


Figura 2.31 – Imagens da simulação Gases ideais, (*prestemp.exe* na página http://colossrv.fc.u.m.es/colos/APPLICATIONS/WIN95/PRESION/Pres_Gas.html)

Esta simulação é parte integrante de uma lição sobre introdução à termodinâmica onde são abordados os conceitos de pressão e temperatura, e como tal, é acompanhada de conceitos e exercícios. A simulação permite rodar o recipiente ou ainda recorrer ao zoom para além de se poder manipular o número de partículas, a temperatura e o volume e verificar o valor da pressão. É ainda possível visualizar os vectores da velocidade das partículas.

Indicam-se na tabela 2.7, as características de cada uma das simulações referidas anteriormente.

Tabela 2.7: Resumo comparativo das várias simulações.

	Simulação	Roteiro explicativo	Actividades	Noções teóricas	Gráficos	Questões	Manipulação de variáveis
A	Simulação $PV = nRT$			X			V, T, n
B	Propriedade dos gases			X			-
C	Modelo molecular para um gás ideal		X				n, P, V, v
D	Câmara de pressão		X		X		MM
E	Processos especiais de um gás ideal				X		-
F	Teoria cinética dos gases	X	X	X		X	T, n, V
G	Pressão de um gás		X	X			T, m, n
H	Lei dos gases		X	X	X	X	T, V
I	Movimento de um gás perfeito num cilindro	X			X	X	T, P, n
J	Programa Lei dos gases	X	X		X	X	P, V, n, T
K	Gases ideais		X	X		X	V, n, T

Como se pode verificar pela análise da tabela anterior, a simulação que se apresenta mais completa é a do Programa Lei dos gases (J) que permite a manipulação de todas as variáveis e é acompanhada de um roteiro de exploração bastante completo fazendo com que os alunos sejam obrigados a reflectir sobre estes conceitos. No entanto, o *site* Lei dos gases (H) apresenta de forma mais explícita a maioria dos conceitos, apesar das suas simulações serem mais específicas. O que se verifica de facto é que todas se completam para se poder compreender de forma mais eficiente o conceito de gás ideal e pressão que lhe está associado.

Os sites referenciados nas páginas anteriores foram organizados no portal de Cultura Científica Mocho (Figura 2.32), de modo a servirem a comunidade escolar.



Segunda-feira
10 de Janeiro
2005

A Magia dos Números

Pesquisar

MOCHO
Portal de Ciência
e
Cultura Científica

wwwantr
wwwqui
wwwfi
Água virtual
Ciência 3D
Gazeta de Física
Boletim da SPM

Canais
Tabela Periódica

FORUM DE DISCUSSÃO
OS MAIS POPULARES
NOVIDADES
SUGERIR LINK
CRÉDITOS
COMENTÁRIOS
(526902 visitas)

MAPA
O MOCHO :: CIÊNCIAS :: QUÍMICA :: SIMULAÇÕES :: GASES

GASES
Simulações interactivas envolvendo comportamento de gases.

APONTADORES
Processos especiais de um gás ideal
 Este site contém uma simulação com gases ideais que permite estudar processos isobáricos, isocóricos e isotérmicos. Ao seleccionar um dos processos referidos, surge uma animação e a visualização gráfica correspondente que evidencia a diferença entre um valor inicial e um valor final. Estes valores também podem ser consultados na zona verde. Não contém nenhuma explicação, nem sugestões de utilização, apenas refere as relações a serem verificadas entre variáveis nos processos referidos. Não se pode manipular nenhuma variável. Não permite visualizar as partículas e suas colisões.
Boyle's law model ... (Inglês)
 Página onde uma simulação interactiva permite verificar qual a relação entre a pressão e o volume duma massa fixa de gás, a temperatura constante (lei de Boyle).
Câmara de pressão ... (Inglês)
 Este site apresenta uma série de experiências em que se controla a acção de um pistão numa câmara que contém um gás ideal. Com a ajuda do cursor, pode-se seleccionar entre três gases com massa molecular diferentes. As simulações podem ocorrer a volume constante ou a temperatura constante. Podem ser efectuadas para um gás ideal ou para um processo adiabático. Não é possível manipular directamente nenhuma das variáveis, apenas se observam os valores obtidos que também são registados no dispositivo gráfico existente à direita. São sugeridas três actividades diferentes acompanhadas por instruções de manipulação. Não existe nenhum resumo teórico a acompanhar a simulação.
Carnot Cycle (Heat Engine) ... (Inglês)
 Simulação do ciclo de Carnot. Possibilidade de manipulação da razão C_p/C_v .
CHEMLAND - Shockwave Version ... (Inglês)
 Manipulações interessantes para as leis dos gases.
Diffusion of gases ... (Inglês)
 Simulação da difusão das partículas de gases, em função da sua massa e da temperatura. Permite ver facilmente como varia a velocidade média das partículas gasosas com a temperatura e com a massa, bem como a taxa de difusão.

Destaques
 Tabela Periódica
 Roteiro de Ciência
 Astrosoft
 Magia dos Números
 Molecularium
 Software Educativo
 Softciências
 Centro de Comp.
 Nonius

Sondagens
 Fim do primeiro ano de aplicação dos novos currículos de Físico-Químicas no ensino secundário considera positivo o balanço novo programa?
 Ver... Votar...

APOIOS

Figura 2.32 – Portal Mocho (www.mocho.pt).

2.5. Metodologias de investigação em Ciências de Educação

Os métodos, as técnicas e os instrumentos de investigação em educação têm como finalidade conhecer a realidade educacional. Nesta secção pretendemos fazer uma revisão sobre estes assuntos, permitindo desta forma fornecer uma introdução à metodologia utilizada neste estudo. Será uma análise necessariamente simples compreendendo-se que um maior aprofundamento fugiria do âmbito deste trabalho.

2.5.1. Metodologias

“A investigação é uma tentativa sistemática de atribuição de respostas às questões” (Tuckman, 1994). Partindo do objectivo de estudo, a investigação em Ciências da Educação procura enquadrar o plano de trabalho, escolher e utilizar os métodos mais adequados para proceder à recolha e tratamento da informação. Como tal é importante conhecer as etapas subjacentes a uma investigação.

A investigação pode ser definida por várias etapas (Carmo e Ferreira, 1998):

- Definição do problema;
- Formulação de hipóteses ou questões de investigação;
- Recolha, organização, verificação, validação e análise dos dados;
- Teste das hipóteses ou respostas as questões;
- Formulação das conclusões.

A investigação em Ciências de Educação pode ser classificada segundo Gay (1981) quanto ao propósito ou quanto ao método.

Classificação quanto ao propósito

A investigação tem por objectivo verificar a aplicabilidade dos resultados e o grau em que estes são generalizáveis à população em estudo. Nesta classificação são consideradas as seguintes cinco categorias (Gay, 1981):

A- Investigação básica- tem como objectivo desenvolver uma teoria e estabelecer princípios gerais dessa teoria. Por exemplo, investigar como gerir o tempo das diferentes actividades lectivas dos alunos na sala de aula e formular uma teoria.

- B- Investigação aplicada-** pretende aplicar ou testar uma teoria e avaliar a sua utilidade. Se, por exemplo, um professor quisesse avaliar a teoria anteriormente sugerida por outro docente na investigação básica e verificar a sua aplicabilidade nas suas aulas.
- C- Investigação em avaliação-** o seu propósito é recolher e analisar dados para facilitar tomadas de decisões que digam respeito a duas ou mais acções alternativas. Por exemplo, para avaliar se o novo currículo de Química do 10.º ano de escolaridade é melhor que o antigo currículo.
- D- Investigação e desenvolvimento-** está relacionada com o desenvolvimento de produtos a serem utilizados com determinados fins e de acordo com especificações pormenorizadas. Por exemplo, para elaborar produtos como materiais de aprendizagem ou materiais multimédia.
- E- Investigação-acção-** pretende resolver, através do uso do método científico, problemas de carácter prático para os quais não há soluções baseadas na teoria previamente estabelecida ou não existe qualquer teoria para explicar esse tema. Como exemplo pode-se referir a investigação efectuada na análise de igualdade de oportunidades, em matéria de educação, entre rapazes e raparigas.

Classificação quanto ao método

Como foi referido anteriormente é possível classificar a metodologia de investigação tendo em conta o método utilizado. Os diferentes métodos são concebidos, normalmente, para responder a questões concretas. São consideradas cinco categorias (Gay, 1981):

- A- Investigação histórica-** envolve o estudo, a compreensão e a explicação de acontecimentos passados. O propósito da investigação histórica é testar hipóteses ou responder a questões que digam respeito às causas, aos efeitos ou às tendências de acontecimentos passados, que possam ajudar a explicar acontecimentos actuais e a prever acontecimentos futuros. Por exemplo, investigar como foram usados os computadores, no ensino da Química, dos anos 60 até ao final do século XX.

- B- Investigação descritiva-** pretende estudar, compreender e explicar a situação actual do objecto de investigação, recorrendo à recolha de dados para testar hipóteses ou responder a questões que lhe digam respeito. Um exemplo deste tipo de investigação seria avaliar os obstáculos à prática do ensino da expressão dramática nas escolas.
- C- Investigação correlacional-** averigua a existência ou não de relações entre duas ou mais variáveis quantificáveis, mas não estabelecendo uma relação causa-efeito. Um possível exemplo, seria analisar a relação entre a exposição ao ruído e a capacidade de concentração dos alunos.
- D- Investigação experimental-** tem por fim estabelecer relações causa-efeito entre variáveis. Como exemplo deste tipo de investigação propõe-se avaliar se o uso de simulações computacionais facilita o ensino da Química.
- E- Investigação causal-comparativa-** tenta estabelecer relações causa-efeito procedendo à comparação de grupos. O investigador depois de observar que determinados grupos diferem relativamente a uma ou mais variável, tenta averiguar quais as causas *post-facto*. Por exemplo, investigar as causas da adaptação ou inadaptação de alunos que frequentem o primeiro ano do ensino superior.

2.5.2. O caso particular da investigação experimental

O método experimental apoia-se na observação e controle de variáveis ditas experimentais. Estas variáveis são os elementos que constituem a situação de estudo relativamente à alteração ou manifestação de um comportamento cuja natureza se desconhece. Usualmente são definidas três variáveis distintas:

- **Variável dependente**, elemento que constitui a modificação do comportamento a explicar;
- **Variável independente**, factor responsável pela situação e que vai ser manipulado pelo investigador durante o estudo.
- **Variáveis intervenientes**, elementos que não são controláveis ou sucedem inesperadamente, podendo influenciar a experimentação e constituindo ameaças ao estudo efectuado.

Num estudo experimental, manipula-se pelo menos uma variável independente (Variável de Estímulo) e observa-se o efeito produzido numa ou mais variáveis dependentes (Variável de Resposta). Pretende-se verificar se o efeito que a variável independente provoca na variável dependente é aquele que se supusera na hipótese do estudo.

As etapas da investigação experimental são basicamente as mesmas dos outros métodos de investigação, nomeadamente (Carmo e Ferreira, 1998):

- Definição de um problema;
- Selecção de sujeitos e de instrumentos de medida;
- Escolha de um plano experimental;
- Execução dos procedimentos;
- Análise dos dados recolhidos;
- Formulação das conclusões.

A experimentação é conduzida de forma a verificar uma hipótese ou hipóteses previamente definidas, que serão verificadas (aceites ou rejeitadas) de acordo com os resultados obtidos.

Um plano experimental normalmente compreende dois grupos, o **grupo experimental** e o **grupo de controlo** (no entanto poderá haver um só ou mais grupos). Ao grupo experimental será administrado um tratamento cujos efeitos se quer medir, enquanto ao grupo de controlo não será administrado nenhum novo tratamento e mantém-se como até aí; outra possibilidade é de ser administrado ao grupo experimental um tratamento e ao grupo de controlo um tratamento diferente. O investigador deverá assegurar-se que os grupos a investigar são tão equivalentes quanto possível a todas as outras variáveis, isto para que se possa afirmar que as diferenças observadas na variável dependente sejam unicamente devidas à manipulação da variável independente. Desta forma, assegura-se a chamada **validade interna** desta investigação, para que seja possível generalizar podendo assim garantir também a **validade externa**.

Ameaças à validade interna

Para que uma investigação tenha validade interna é necessário estabelecer controlos experimentais que permitam concluir que as diferenças verificadas são apenas devidas ao

tratamento experimental efectuado e não a outros factores que não foram controlados. Campbel e Stanley (1963) identificaram as principais ameaças à validade interna, que se encontram subdivididos em três grupos:

A- Ameaças relativas à experiência.

Durante a experimentação, algumas ocorrências podem constituir factores de distorção, entre estes devemos salientar os seguintes:

- a) História** – Eventos específicos que, além da variável experimental, tenham ocorrido durante o estudo e sejam susceptíveis de afectar o efeito que se pretende observar na variável dependente.
- b) Testagem** – Efeitos da aplicação de um mesmo teste antes e depois de se proceder a experimentação.
- c) Expectativa** – Verifica-se quando o experimentador, mesmo que inconscientemente, possa influenciar o desempenho de um dos grupos durante a investigação.

B- Ameaças aos participantes.

Podem ser identificados cinco factores de distorção relativos aos participantes, e estão intimamente relacionados com as características dos experimentados.

- a) Selecção** – Surge se houver uma selecção muito diferenciada dos sujeitos quando se efectuar a comparação dos resultados dos grupos.
- b) Maturação** – Diz respeito às modificações inerentes ao processo de desenvolvimento dos sujeitos que ocorrem durante o período de investigação, especialmente se este for prolongado no tempo.
- c) Regressão estatística** – Ocorre se forem seleccionados sujeitos com classificações extremas (muito altas ou muito baixas) no teste realizado antes da experimentação, porque tendem a regredir para a média no pós-teste.
- d) Mortalidade experimental** – Surge se se verificar o abandono de alguns sujeitos durante o processo de investigação.

- e) **Combinação interactiva de factores** – É possível que os factores que afectam a validade interna ocorram combinados, interacção selecção-maturação, interacção selecção-história, interacção selecção-testagem.

C- Ameaças à instrumentação.

Estes factores de distorção, provocados pela instrumentação, estão relacionados com a forma como os dados são recolhidos. Se os testes aplicados não forem fiáveis, se as observações não forem feitas de forma sistemática e sempre nas mesmas condições ao longo da investigação, podem surgir discrepâncias nos resultados.

Ameaças à validade externa

O termo validade externa está associado a possibilidade de generalizar as conclusões de um estudo. São quatro as variáveis capazes de comprometer a validade externa ou representatividade da experimentação (Campbel e Stanley, 1963):

- A– **Efeito da interacção da testagem (interacção pré-teste - tratamento)** – O pré-teste pode influenciar a sensibilidade ou capacidade de resposta dos sujeitos à variável experimental, influenciando desta forma os resultados.
- B– **Interacção selecção-tratamento** – Surge quando os sujeitos não são seleccionados aleatoriamente. Se as amostras em estudo não forem representativas da população mais alargada, tal dificulta a generalização das conclusões.
- C– **Efeitos reactivos de condições experimentais** – O experimentador pode criar um ambiente experimental artificial, pelo facto de tentar fazer um controlo muito rigoroso das variáveis. O comportamento do grupo experimental pode ser afectado pelo facto de saber que está a ser estudado. A novidade pode motivar o grupo experimental para assim obter resultados melhores.
- D– **Interferência dos tratamentos múltiplos** – Este efeito tende a ocorrer sempre que são aplicados vários tratamentos aos mesmos sujeitos, por não ser fácil difundir os efeitos de tratamentos posteriores.

Planos experimentais

A escolha de um plano experimental adequado ao estudo é muito importante e depende não só das hipóteses que vão ser testadas como das condições que o investigador dispõe. Existem dois tipos fundamentais de planos experimentais, os planos com uma só variável e os planos com várias variáveis.

Os planos com uma só variável podem ser (Carmo e Ferreira, 1998):

- **Pré-experimentais** onde não há um controlo das ameaças à validade interna nem externa. Estes planos só devem ser usados numa fase preliminar para sugerirem hipóteses;
- **Experimentais puros** onde há um controlo adequado das variáveis e das ameaças. A selecção dos sujeitos é sempre aleatória e existe sempre, pelo menos, um grupo de controlo. Estes estudos são aqueles que permitem fazer inferência experimental com maior segurança;
- **Quase-experimentais** onde não há selecção aleatória dos sujeitos, o que pode levantar problemas de controlo de variáveis e consequentemente de validade interna;

Em relação aos planos com várias variáveis também designados de **planos factoriais**, são elaborações de planos experimentais puros e permitem investigar várias variáveis, individualmente ou em interacção umas com as outras.

2.5.3. Os planos quase-experimentais

Os planos quase-experimentais aplicam-se nas situações em que é difícil ou impossível um total controlo experimental (Tuckman, 1994). Os estudos quase-experimentais distinguem-se dos estudos experimentais, pelo facto de não serem respeitadas todas as condições necessárias a experimentação, quer de selecção de participantes, quer do controlo de variáveis. A investigação em Educação está limitada por não ser possível testar e implementar alterações radicais ao programa em vigor. É muito difícil conseguir que os sistemas escolares aceitem novos programas para estudo experimental, que consentem que turmas sejam divididas para proporcionar amostras aleatórias ou equivalentes, impossibilitando desta forma um estudo experimental puro.

A expressão quase-experimental foi cunhada por Donald T. Campbell em 1957 e depois desenvolvida por Campbell e Stanley (1963). Estes autores apresentam vários planos, mas só iremos descrever o que foi utilizado no nosso estudo.

O plano com grupo de controlo não equivalente:

Nestes planos não há selecção aleatória dos sujeitos, e portanto os grupos formados não são equivalentes. É necessário constituir um grupo experimental e um grupo de controlo, ambos submetidos a um pré-teste (O_1) e um pós-teste (O_2). Somente o grupo experimental é submetido ao tratamento novo ou não tradicional (X). O plano pode ser representado usando o esquema seguinte:

Grupo experimental	O_1	X	O_2
Grupo de Controlo	O_1		O_2

Para evitar as ameaças à validade interna neste estudo, o investigador deverá escolher grupos o mais semelhante possível. Caso contrário poderão surgir ameaças tais como regressão, interacção entre selecção e maturação, história ou ainda testagem. No que se refere à validade externa, as ameaças podem surgir da interacção entre o pré-teste e o tratamento.

2.5.4. Questionário

Uma das formas de avaliar o impacto deste estudo consiste na elaboração e análise do pré-teste e do pós-teste. Estes testes podem ter a forma de um inquérito por questionário.

Um questionário pode ser definido como um conjunto de questões pré-elaboradas e sequencialmente dispostas em itens que constituem o tema da pesquisa, com o objectivo de suscitar dos informantes respostas que fornecerão uma abordagem qualitativa e quantitativa ao estudo. O questionário apresenta algumas virtudes tais como permitir uma maior rapidez na recolha e análise dos dados, apesar de ser mais difícil de conceber do que uma entrevista e poder estar sujeito a uma elevada taxa de não respostas.

As perguntas de um questionário podem ser classificadas da seguinte maneira (Barbosa, 2004):

1 - Quanto ao objectivo:

- **Perguntas de facto**, quando se referem a dados objectivos e pessoais: sexo, idade, profissão, domicílio, estado civil ou conjugal, religião, etc. Tais dados geram variáveis cruciais para o tratamento estatístico;
- **Perguntas de Acção**, correspondem às atitudes e decisões tomadas pelo indivíduo diante de determinada situação;
- **Perguntas de ou sobre intenção**, permitem perceber o procedimento do indivíduo em determinadas circunstâncias;
- **Perguntas de opinião**, reflectem as opiniões do inquirido sobre determinados assuntos ou situações.

2 - Quanto à forma:

- **Perguntas Abertas**, conferem liberdade e permitem a emissão de opiniões, porém a possível subjectividade das respostas dificulta o processo do tratamento estatístico e a interpretação dos dados;
- **Perguntas Fechadas**, limitam-se a alternativas fixadas previamente;
- **Perguntas de Múltipla escolha**, perguntas fechadas, porém com apresentação de uma série de respostas possíveis. Nestes questionários utilizam-se um mostruário de perguntas, devendo ser assinalada uma ou várias opções.

O autor de um questionário tem que escolher o tipo de perguntas mais adequado ao seu estudo tendo em atenção as vantagens e desvantagens, apresentadas na tabela 2.8.

Na construção de um inquérito por questionário, deve-se ainda ter em conta que, o número de questões deve ser adequado à pesquisa, as perguntas devem ser compreensíveis, não ambíguas e relevantes relativamente à experiência do inquirido.

Tabela 2.8: Vantagens e desvantagens das perguntas abertas e fechadas (Hill e Hill, 2000).

Tipo de pergunta	Vantagens	Desvantagens
Aberta	• Podem dar mais informação • Muitas vezes dão informações mais ricas e detalhadas • Por vezes dão informação inesperada	• Muitas vezes as respostas têm de ser interpretadas • É preciso tempo para codificar as respostas • Normalmente é preciso utilizar pelo menos dois avaliadores na interpretação e codificação das respostas • As respostas são mais difíceis de analisar numa maneira estatisticamente sofisticada e a análise requer muito tempo
Fechada	• É fácil aplicar análise estatística para analisar as respostas • Muitas vezes é possível analisar os dados de maneira sofisticada	• Por vezes a informação das respostas é pouco rica • Por vezes as respostas conduzem a conclusões simples demais